

Universidad del Norte  
Departamento de Ingenierías Eléctrica y Electrónica

---

# Sistema Inteligente para la Enseñanza Interactiva a través de Videojuegos

Por  
Diego Andrés Robles Nieto

TESIS DE MAESTRÍA

Tutor  
Dr. Christian G. Quintero M.

Barranquilla, Atlántico, Colombia  
Noviembre de 2019

# Sistema Inteligente para la Enseñanza Interactiva a través de Videojuegos

Una investigación presentada a la  
Universidad del Norte en  
cumplimiento parcial de los  
requisitos para el grado de  
**MAGISTER EN INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA**

Por:

---

Diego Andrés Robles Nieto

Tutor:

---

Dr. Christian G. Quintero M.

Barranquilla, Atlántico, Colombia  
Noviembre de 2019

# Resumen

## Sistema Inteligente para la Enseñanza Interactiva a través de Videojuegos

Por Diego Andrés Robles Nieto

Tutor: Dr. Christian G. Quintero M.

La tecnología se está utilizando de múltiples maneras en distintos sectores como el económico, industrial, académico, financiero y energético. Una de estas herramientas son los videojuegos que están incursionando en diferentes dominios de aplicación, por ejemplo, aprendizaje de instrumentos musicales, simuladores de vuelo, enseñanza a personas con discapacidad cognitiva, terapias de recuperación, entre otros.

El sector de la educación no es ajeno a la implementación de estas tecnologías que ayudan a fortalecer y/o mejorar conceptos. En este sentido, esta investigación tiene como propósito diseñar e implementar un sistema inteligente basado en *Lógica Difusa y Razonamiento Basado en Casos* que, en conjunto con los videojuegos, promuevan el uso de las TICs en la educación interactiva.

El sistema inteligente se instaló en una plataforma web, donde permite interactuar con el usuario mostrándole su progreso actual con sugerencias para un mejoramiento continuo. Los resultados experimentales del sistema muestran una mejora en los usuarios alrededor del 14% en las temáticas tratadas.

# Agradecimientos

Esta investigación está dedicada principalmente a Dios que me dio siempre el conocimiento y la fortaleza para continuar.

Agradezco a mi madre y a mi padre, quienes por medio de sus palabras me dieron ánimo de seguir adelante. Son mis pilares y guías en mi crecimiento personal y profesional. Agradezco a mi abuelo y resto de familiares que me apoyaron incondicionalmente.

A mi asesor, Christian Quintero que me ayudó en la realización de esta investigación. Gracias profesor por brindarme su conocimiento y orientación en esta etapa de mi vida. Muchas gracias por motivarme, entenderme y apoyarme en momentos difíciles.

Agradezco enormemente al Colegio Sagrado Corazón Calle 74 por darme el espacio para realizar esta maestría. Adicionalmente por permitirme realizar las pruebas con los estudiantes. Quiero agradecer a los compañeros de trabajo por darme palabras de apoyo y a los estudiantes por estar siempre a disposición cuando los necesitaba para el desarrollo de esta investigación.

Un agradecimiento especial a Jaime López que me compartió su conocimiento y fue de mucha ayuda en la elaboración de esta tesis. ¡Gracias Jaime!

Por último, agradezco a todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí.

*A mi madre, a mi padre, abuelo, familiares y amigos...*

# Contenido General

## **Parte I:** Introducción y trabajos relacionados

Motivación, objetivos, contribuciones principales y una visión general de los conceptos generales utilizados en esta tesis.

Una revisión del trabajo relacionado relevante utilizado como referencia e inspiración para desarrollar el enfoque propuesto.

## **Parte II:** Enfoque Propuesto

Explicación detallada del funcionamiento del sistema.

Consideraciones generales e implementación de la propuesta de investigación.

## **Parte III:** Resultados experimentales y conclusiones

Análisis y discusión de los resultados experimentales, conclusiones finales y trabajo futuro en temas relacionados con educación y videojuegos basados en sistemas inteligentes.

# Contenido Detallado

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>14</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1. MOTIVACIÓN .....	15
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.2.1. <i>Problema</i> .....	15
1.2.2. <i>Objetivo General</i> .....	15
1.2.3. <i>Objetivos Específicos</i> .....	15
1.2.4. <i>Pregunta Problema</i> .....	16
1.2.5. <i>Enfoque</i> .....	16
1.3. CONTRIBUCIONES.....	16
1.4. GUÍA DEL LECTOR PARA LA TESIS.....	17
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>18</b>
<b>2. INFORMACIÓN CONCEPTUAL.....</b>	<b>18</b>
2.1. EDUCACIÓN INTERACTIVA .....	18
2.1.1. <i>Educación y TICs</i> .....	18
2.2. VIDEOJUEGOS.....	20
2.2.1. <i>Videojuego Lineal</i> .....	20
2.2.2. <i>Videojuego No Lineal</i> .....	20
2.2.4. <i>Elección de los Videojuegos</i> .....	22
2.3. SISTEMAS INTELIGENTES .....	25
2.3.1. <i>Lógica Difusa</i> .....	26
2.3.2. <i>Razonamiento Basado en Casos (CBR)</i> .....	29
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>31</b>
<b>3. TRABAJOS RELACIONADOS.....</b>	<b>31</b>
3.1. EDUCACIÓN – VIDEOJUEGOS .....	31
3.2. EDUCACIÓN – SISTEMAS INTELIGENTES.....	34
3.3. EDUCACIÓN – VIDEOJUEGOS – SISTEMAS INTELIGENTES .....	35
3.4. OBSERVACIONES FINALES.....	39
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>42</b>
<b>4. PLANTEAMIENTO PROPUESTO.....</b>	<b>42</b>
4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	42
4.1.1. <i>Perfil</i> .....	43
4.1.2. <i>Evaluación</i> .....	44
4.1.3. <i>Interfaz</i> .....	61
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>66</b>
<b>5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES .....</b>	<b>66</b>
5.1. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	66

5.2.	MÉTODO DE EVALUACIÓN .....	67
5.3.	PRUEBAS REALIZADAS .....	67
5.3.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LOS USUARIOS .....	68
5.3.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA INTELIGENTE .....	70
<b>CAPÍTULO 6.....</b>		<b>79</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....</b>		<b>79</b>
6.1.	CONCLUSIONES.....	79
6.2.	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES .....	80
6.3.	TRABAJOS FUTUROS .....	80
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>81</b>



# Lista de Figuras

Figura 2.1. Ejemplos de herramientas utilizadas en las TICs. ....	19
Figura 2.2. Modelo de secuencia para videojuegos lineales. ....	20
Figura 2.3. Modelo de secuencia para videojuegos no lineales. ....	21
Figura 2.4. Ejemplo de visualización de videojuego 2D. ....	21
Figura 2.5. Videojuego Speedway con una operación de resta de fraccionarios. ....	23
Figura 2.6. Videojuego Snowsprint con una operación de multiplicación de fracciones. ....	24
Figura 2.7. Videojuego Puppy Chase donde el usuario debe convertir de número mixto a decimal. ....	24
Figura 2.8. Videojuego Martian utilizando dos operaciones en una expresión matemática. ....	25
Figura 2.9. Características del sistema difuso. ....	26
Figura 2.10. Funciones de pertenencias más características en los sistemas difusos. ....	27
Figura 2.11. Función de pertenencia que representa “la velocidad de un vehículo”. ....	27
Figura 2.12. Lógica difusa utilizando dos variables de entrada y tres reglas para calcular el valor de la propina [17]. ....	29
Figura 2.13. Proceso interno del CBR. ....	30
Figura 3.1. Simulación sobre la carga de un capacitor [7]. ....	32
Figura 3.2. Creación de artículos por año sobre Educación – Videojuegos. Tomado de Scopus. ....	36
Figura 3.3. Artículos Educación - Videojuegos organizados por sub-áreas. Tomado de Scopus. ....	36
Figura 3.4. Número de artículos sobre Educación - Videojuegos. Tomado de Web Of Science. ....	37
Figura 3.5. Creación de artículos por año sobre Educación - Sistemas Inteligentes. Tomado de Scopus. ....	37
Figura 3.6. Artículos Educación - Sistemas Inteligentes organizados por sub-áreas. Tomado de Scopus. ....	38
Figura 3.7. Número de artículos sobre Educación - Sistemas Inteligentes. Tomado de Web Of Science. ....	38
Figura 3.8. Artículos Educación - Videojuegos - Sistemas Inteligentes organizados por sub-áreas. Tomado de Scopus. ....	39
Figura 4.1. Diagrama de bloques general del sistema planteado. ....	42
Figura 4.2. Modelo del sistema especificado. ....	43
Figura 4.3. Test inicial de usuario. ....	44
Figura 4.4. Ejemplo de tabla <i>USERS</i> . ....	47
Figura 4.5. Ventana emergente producida por la información de la variable Reco_exito. ....	47
Figura 4.6. Ejemplo de tabla DATOS. ....	47
Figura 4.7. Ejemplo de registro de partidas. ....	48
Figura 4.8. Tabla de Recomendaciones. ....	49
Figura 4.9. Ejemplo de prueba de casos para los juegos SpeedWay y SnowSprint. ....	49
Figura 4.10. Ejemplo de prueba de casos para los juegos Puppy Chase y Martian. ....	49

Figura 4.11. Respuesta a la petición hecha en HTTP. Información completa de la base de datos en formato JSON del usuario 12 y el videojuego Puppy Chase. ....	50
Figura 4.12. Conjunto difuso para las preguntas contestadas correctamente. ....	51
Figura 4.13. Conjunto difuso para las preguntas contestadas incorrectamente. ....	52
Figura 4.14. Conjunto difuso del tiempo empleado en la partida para los videojuegos <i>Speedway, SnowSprint, Puppy Chase</i> . ....	52
Figura 4.15. Conjunto difuso del tiempo empleado en la partida para el videojuego <i>Martian</i> . ....	53
Figura 4.16. Funciones de membresía para la salida difusa. Rendimiento final del usuario. ....	53
Figura 4.17. Recomendaciones presentadas al usuario. ....	58
Figura 4.18. Nuevas recomendaciones al usuario. ....	58
Figura 4.19. Ejemplo de video sugerido al usuario. ....	59
Figura 4.20. Ejemplo de video sugerido al usuario. ....	60
Figura 4.21. Ejemplo de página WEB sugerida al usuario. ....	60
Figura 4.22. Ejemplo de página WEB sugerida al usuario. ....	60
Figura 4.23. Página principal de la plataforma. ....	62
Figura 4.24. Lista de videojuegos. ....	62
Figura 4.25. Videojuego SpeedWay. ....	63
Figura 4.26. Petición HTTP donde se muestra el progreso y datos estadísticos del usuario en los diferentes juegos. ....	63
Figura 4.27. Datos estadísticos del usuario. ....	63
Figura 4.28. Datos de progreso del usuario y sugerencias del sistema. ....	64
Figura 5.1. Estudiantes del Sagrado Corazón Calle 74 utilizando la plataforma. ....	68
Figura 5.2. Usuario de pruebas sin partidas registradas. ....	71
Figura 5.3. Partidas almacenadas en la base de datos del usuario de prueba. Alto rendimiento en los videojuegos SpeedWay y SnowSprint. ....	71
Figura 5.4. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500. ....	72
Figura 5.5. Comprobación del caso encontrado en la base de casos. ....	72
Figura 5.6. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas. ...	72
Figura 5.7. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba. ....	73
Figura 5.8. Modificación de las partidas del usuario de prueba. Bajo rendimiento en las partidas de SnowSprint y alto rendimiento en las partidas de SpeedWay. ....	73
Figura 5.9. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500. Información del caso recuperado: Caso 73, perfil 2. prom_suma_partida equivale a 100% y prom_multi_partida es 32.51%. ....	73
Figura 5.10. Comprobación del caso encontrado en la base de casos. ....	74
Figura 5.11. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas. .	74
Figura 5.12. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba. Sugerencias de acuerdo a la Tabla 4.7. ....	74
Figura 5.13. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500. Información del caso recuperado: Caso 59, perfil 3. prom_suma_partida equivale a 35.43% y prom_multi_partida es 100%. ....	75
Figura 5.14. Modificación de las partidas del usuario de prueba. Alto rendimiento en las partidas de SnowSprint y bajo rendimiento en las partidas de SpeedWay. ....	75
Figura 5.15. Comprobación del caso encontrado en la base de casos. ....	75
Figura 5.16. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas. .	76

Figura 5.17. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba. Sugerencias de acuerdo a la Tabla 4.7. ....	76
Figura 5.18. Modificación de las partidas del usuario de prueba. Bajo rendimiento en ambos videojuegos. ....	76
Figura 5.19. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500. Información del caso recuperado: Caso 57, perfil 4. prom_suma_partida equivale a 20.06% y prom_multi_partida es 28.49%. ....	77
Figura 5.20. Comprobación del caso encontrado en la base de casos.....	77
Figura 5.21. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas. .	77
Figura 5.22. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba. Sugerencias de acuerdo a la Tabla 4.7. ....	77

# Lista de Tablas

Tabla 2.1. Elección de videojuegos matemáticos. ....	23
Tabla 4.1. Clasificación del perfil de acuerdo a los resultados del test. ....	44
Tabla 4.2. Identificación numérica de los videojuegos. ....	48
Tabla 4.3. Reglas difusas entre Tpartida y NpreguntaAcert. ....	54
Tabla 4.4. Reglas difusas entre Tpartida y NpreguntaErron. ....	54
Tabla 4.5. Obtención de los perfiles de acuerdo a los rendimientos para los videojuegos <i>SpeedWay</i> y <i>SnowSprint</i> . ....	55
Tabla 4.6. Obtención de los perfiles de acuerdo a los rendimientos para los videojuegos <i>Puppy Chase</i> y <i>Martian</i> . ....	56
Tabla 4.7. Recomendación según el perfil del usuario. ....	61
Tabla 5.1. Caracterización de la variable de salida. ....	67
Tabla 5.2. Resultados generales videojuego <i>SpeedWay</i> para las primeras y últimas 5 partidas. ....	69
Tabla 5.3. Resultados generales videojuego <i>SnowSprint</i> para las primeras y últimas 5 partidas. ....	69
Tabla 5.4. Resultados generales videojuego <i>Puppy Chase</i> para las primeras y últimas 5 partidas. ....	69
Tabla 5.5. Resultados generales videojuego <i>Martian</i> para las primeras y últimas 5 partidas. ....	70

# **Parte I**

## **Introducción y Trabajos**

### **Relacionados**

# Capítulo 1

## 1. Introducción

La educación es uno de los pilares de aprendizaje, que depende de la forma en cómo se transmite la información [1]. Está comprobado, que cuando se explica una temática con las mejores herramientas didácticas, el conocimiento perdurará en las personas logrando recordar por mayor tiempo lo aprendido, comparado con la manera convencional [1].

Esta investigación aborda el campo de los sistemas inteligentes y su potencial impacto en el sector educativo con el objetivo de fortalecer competencias en los usuarios, utilizando las tecnologías de la información y comunicación (TICs), acompañadas de los videojuegos como estrategia para una enseñanza interactiva.

En la actualidad, los videojuegos junto a los sistemas inteligentes en entornos educativos, ofrecen una serie de beneficios para el fortalecimiento de la capacidad multisensorial utilizando un aprendizaje interactivo. Es así como [2] presenta un sistema inteligente utilizando videojuegos para simular otros ambientes y ayudar a controlar los distintos comportamientos que puede tener el usuario.

De igual manera, esta tesis busca incorporar técnicas como *Lógica Difusa y Razonamiento Basado en Casos*, utilizando diversos videojuegos enfocados en la educación, especialmente en operaciones básicas matemáticas.

La investigación se realizó revisando el estado del arte y se validó con pruebas a estudiantes del Colegio del Sagrado Corazón - Calle 74 de la ciudad de Barranquilla, Colombia.

## **1.1. Motivación**

Se quiere conocer cómo las técnicas computacionales pueden aportar en el fortalecimiento del conocimiento en diferentes sectores educativos.

Se busca incorporar los videojuegos como herramientas interactivas, con el fin de facilitar y favorecer el proceso de aprendizaje en los estudiantes haciendo uso de las TICs.

De igual manera, se busca encontrar la forma de enlazar los sistemas inteligentes, los videojuegos educativos y las TICs para motivar a los estudiantes en el desarrollo académico.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Problema**

El 40% de los estudiantes de educación básica secundaria en los últimos cortes han mostrado dificultad en realizar operaciones básicas matemáticas de números fraccionarios. Esto conlleva a buscar y aplicar métodos didácticos para el fortalecimiento de los temas enseñados.

Los sistemas inteligentes para la sociedad se han venido implementando en la enseñanza de conceptos y actividades que ayuden a favorecer el conocimiento de las personas [3]. Gracias a estas investigaciones, estos sistemas mejoran significativamente el modelo de aprendizaje en este sector [4][5][6]. Dado que la educación es un sector bastante amplio, es necesario crear nuevas estrategias que fomenten el aprendizaje interactivo de los temas matemáticos relacionados con la tecnología.

### **1.2.2. Objetivo General**

- ✓ *Desarrollar un sistema inteligente que permita la enseñanza interactiva en educación básica utilizando videojuegos y TICs.*

### **1.2.3. Objetivos Específicos**

- ✓ *Caracterizar las variables más relevantes para la enseñanza de operaciones con números fraccionarios a través de videojuegos.*

- ✓ *Diseñar e implementar el agente inteligente utilizando las variables previamente establecidas.*
- ✓ *Evaluar el desempeño del sistema inteligente en diversos casos de estudio.*

#### **1.2.4. Pregunta Problema**

Todo lo anterior conlleva a la siguiente pregunta problema:

***¿Es posible desarrollar un sistema inteligente que utilice videojuegos en conjunto con las TICS para apoyar la enseñanza interactiva?***

#### **1.2.5. Enfoque**

Esta tesis propone desarrollar un sistema inteligente, que evalúe el rendimiento del usuario y posteriormente le recomiende, de acuerdo con el perfil obtenido, un material de estudio adicional que coadyuve a resolver las dudas que tenga respecto a las temáticas trabajadas en la plataforma.

La investigación utiliza dos técnicas, *lógica difusa y razonamiento basado en casos*, que permiten evaluar y analizar respectivamente el progreso que tiene el usuario, en cada uno de los cuatro videojuegos matemáticos utilizados, almacenando toda la información generada en una base de datos.

De acuerdo con lo anterior, se quiere estudiar el impacto de los sistemas inteligentes en la educación, utilizando videojuegos soportados con herramientas TICS. De igual manera, se busca analizar si la implementación y utilización de estas tecnologías provocan una mejora en el proceso de aprendizaje de los usuarios.

### **1.3. Contribuciones**

Esta tesis contiene las siguientes contribuciones:

- *Presenta un sistema inteligente que evalúa y recomienda diferentes soportes de estudio de acuerdo con el perfil de rendimiento a los usuarios sobre temas matemáticos a través de la integración tecnológica de videojuegos y TICS.*



- *Se realiza un aporte académico a la región para futuras investigaciones referente al impacto de los sistemas inteligentes enfocados en la educación.*

#### **1.4. Guía del Lector Para la Tesis**

A continuación, se incluye una descripción general del contenido de esta investigación. Esta tesis de maestría está organizada en tres partes principales distribuidas por capítulos.

##### **Parte I: Introducción y Trabajos Relacionados**

El Capítulo 1 presenta una introducción sobre los principales temas, objetivos y contribuciones de esta investigación.

El Capítulo 2 ofrece una descripción general de la información conceptual necesaria para desarrollar el enfoque propuesto descrito en los Capítulos 4 y 5.

El Capítulo 3 proporciona los trabajos y referencias más relevantes relacionados con la investigación abordada en esta tesis.

##### **Parte II: Enfoque Propuesto**

El Capítulo 4 describe los aspectos formales del sistema inteligente para la enseñanza interactiva a través de videojuegos presentado en esta tesis. Además, presenta la implementación de dicho enfoque.

##### **Parte III: Resultados y Conclusiones**

El Capítulo 5 proporciona resultados experimentales del enfoque implementado. Se presenta un diseño de experimentos para evaluar el rendimiento del sistema.

El Capítulo 6 discute y analizan los resultados, resume las conclusiones y contribuciones de la tesis y describe las direcciones para el trabajo futuro.

# Capítulo 2

## 2. Información Conceptual

*Este capítulo presenta y revisa los conceptos generales de educación interactiva, videojuegos, TICs y las técnicas de inteligencia computacional para entender y poder desarrollar el enfoque propuesto en esta investigación.*

### 2.1. Educación Interactiva

Se entiende por educación interactiva, a la enseñanza basada en el desarrollo de habilidades a través del descubrimiento y exploración con las herramientas adecuadas [47]. Este tipo de enseñanza promueve en las personas una participación más activa en el aprendizaje a través de la competición, el desafío, el trabajo en equipo, entre otros. En este sentido, el aprendizaje interactivo integra diversas actividades como simulaciones por computadora, investigación guiada, resolución de problemas que ayudan a las personas a construir activamente el conocimiento a través de su aprendizaje [7][8]. Existen diversas tecnologías como computadores, tabletas inteligentes, pizarras inteligentes y consolas de videojuegos que con ayuda de herramientas como internet involucran activamente el aprendizaje interactivo en las personas.

#### 2.1.1. Educación y TICs

En la actualidad, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en la sociedad han sido percibidas por los gobiernos como un camino importante para asegurar la prosperidad, el conocimiento y el crecimiento económico [9]. Como tal, las TICs se convirtieron en un enfoque importante, y en una forma de acelerar el proceso de fomento del conocimiento que asegura que el futuro profesional sea capaz de mejorar sus habilidades mediante tal progreso tecnológico [10]. Muchos países del mundo han optado por implementar las TICs en la educación porque

consideran que hay un fuerte crecimiento intelectual al utilizar estas tecnologías en el desarrollo humano [9][10][11][12].

Las TICs consisten en toda herramienta que utilice la información desde la adquisición, almacenamiento, exhibición y la forma de transmisión del mensaje. En la actualidad, existen distintos instrumentos que promueven el uso de las mismas como por ejemplo la radio, la televisión, las tabletas y las computadoras. Las computadoras son la mayor herramienta utilizada por su ventaja para acceder al servicio de internet. Este último, ha permitido una conexión global y ha facilitado el acceso a la información desde cualquier parte del mundo como se puede observar en la Figura 2.1.



Figura 2.1. Ejemplos de herramientas utilizadas en las TICs.

## 2.2. Videojuegos

El videojuego es un software interactivo, que tiene como objetivo el entretener por medio de combinaciones de teclas o mandos, simulando experiencias a través de una pantalla, computadora o dispositivo electrónico. Los videojuegos crean un entorno virtual donde el usuario puede desarrollar competencias que le pueden servir para desenvolverse en la sociedad digital. Los videojuegos utilizan escenarios donde el usuario puede interactuar digitalmente y así desarrollar otras competencias que naturalmente se le dificultan como por ejemplo la comunicación [13].

Las narrativas de los videojuegos pueden clasificarse en dos categorías: Lineales y No lineales.

### 2.2.1. Videojuego Lineal

La linealidad es aquella donde la jugabilidad del videojuego sigue un determinado orden y no se puede alterar (Ver Figura 2.2). El usuario está obligado a seguir el curso que el software le asigne y no tiene opciones de elegir rutas alternas o acciones complementarias. Los capítulos o partidas de juego están limitadas por actos que la persona debe ir realizando para avanzar al próximo nivel o capítulo [14]. Ejemplos de esta implementación son *Mortal Kombat*, *Super Mario Bros*, *Pac-Man*, etc.

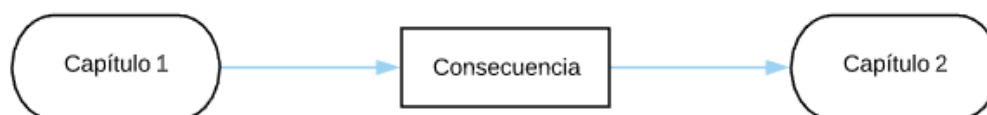


Figura 2.2. Modelo de secuencia para videojuegos lineales.

### 2.2.2. Videojuego No Lineal

A diferencia de los videojuegos lineales, los no lineales pueden desarrollar otras secuencias no necesariamente en un orden específico. En esta configuración, la persona va construyendo sus propias decisiones a medida que avanza en el videojuego (Ver Figura 2.3)[14]. Ejemplos de esta implementación son *GTA V*, *WarCraft*, *Age of Empires*, entre otros.

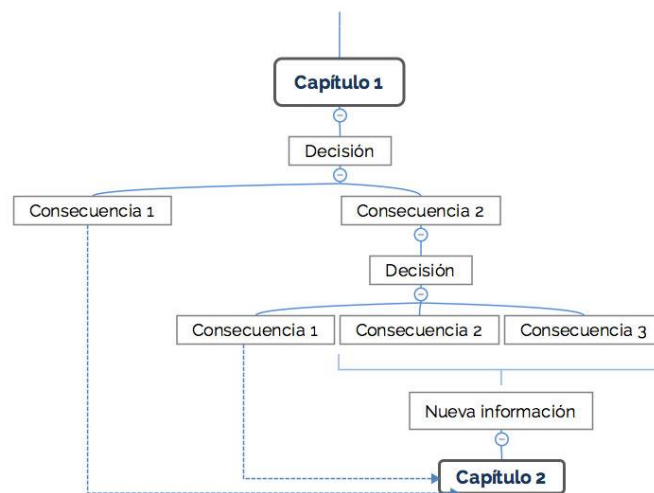


Figura 2.3. Modelo de secuencia para videojuegos no lineales.

### 2.2.3. Videojuegos 2D

Otra característica de los juegos electrónicos es el formato de juego. Los videojuegos 2D utilizan en su entorno gráfico las dimensiones de ancho y alto para la representación de sus escenografías y personajes (Ver Figura 2.4). La ventaja de utilizar esta programación es el procesamiento. Las computadoras son más rápidas al utilizar este tipo de configuración en comparación con los videojuegos 3D que utilizan las tres dimensiones.

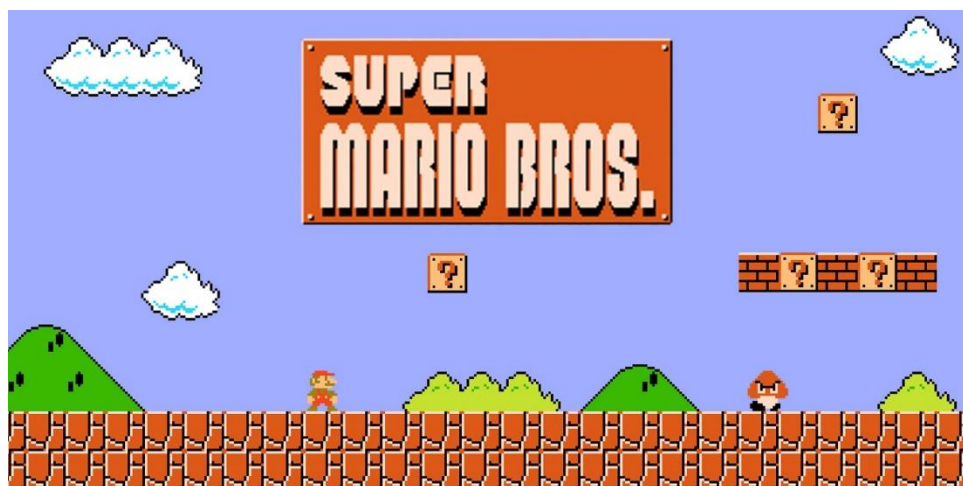


Figura 2.4. Ejemplo de visualización de videojuego 2D.

#### *2.2.4. Elección de los Videojuegos*

Para la elección de los videojuegos en esta investigación, se tuvieron en cuenta distintos factores como *tipo de juego, dificultad, duración, estética y competitividad* (Ver Tabla 2.1).

Se realizó una búsqueda de juegos electrónicos educativos referentes a asignaturas de matemáticas donde utilicen temas esenciales como operaciones básicas de números enteros y números fraccionarios. Después de estudiar los diferentes tipos, se determinó que para dar resultados rápidos y precisos es necesario la utilización de videojuegos lineales. Esto permite capturar de manera más rápida la información del usuario por cada partida y controlar las acciones de las personas en su utilización. De igual manera, se escogieron videojuegos 2D por reducción de recursos y tratar así de disminuir al mínimo el costo computacional.

La dificultad de los temas tratados en los juegos electrónicos debe ser acorde con la edad de los usuarios que utilizarán el sistema. Por esta razón, se deben utilizar videojuegos que se adapten a la velocidad de aprendizaje de las personas en las que se enfoca esta investigación.

La duración por cada partida es fundamental, dado que está ligada a múltiples factores como por ejemplo la captura de información y la atención del usuario en el videojuego. Esta última es importante debido a que la realización de múltiples repeticiones puede generar cansancio en el usuario cuando son partidas extensas. Por lo tanto, se escogieron videojuegos cuyas partidas tengan un tiempo promedio entre 60 y 85 segundos.

Cada videojuego debe tener un diseño y combinación de colores agradable al usuario. A su vez estos juegos deben ser competitivos para lograr generar en los usuarios diversión y de esta manera provocar en las personas un deseo de volver a jugar.

Tabla 2.1. Elección de videojuegos matemáticos.

N°	Nombre	Tipo de videojuego	Dificultad	Duración (Seg)	Estética	Competitivo	Diversión
1	What's your sign?	Lineal - 2D	Difícil	60	OK	-	-
2	Monkey Math Balance	Lineal - 2D	Fácil	120	OK	-	OK
3	Speedway Fractions	Lineal - 2D	Medio	64	OK	OK	OK
4	Compare Fractions	Lineal - 2D	Fácil	65	OK	OK	-
5	Multiply Fractions	Lineal - 2D	Medio	64	OK	OK	OK
6	Sembrar Pasto	Lineal - 2D	Medio	-	OK	-	-
7	Fraction Matcher	Lineal - 2D	Medio	-	OK	-	OK
8	Number climb	Lineal - 2D	Difícil	-	OK	-	-
9	Martian Hoverboards Algebra Evaluating Expressions	Lineal - 2D	Medio	81	OK	OK	OK
10	Puppy Chase Fractions To Decimals	Lineal - 2D	Medio	64	OK	OK	OK

Teniendo en cuenta las características anteriores se realizó un banco de videojuegos donde se creó una encuesta donde los estudiantes eligieron los siguientes:

#### 2.2.4.1. *Speedway Fractions (Adding Fractions)*

Es un videojuego matemático de carreras donde el usuario utiliza un carro que se impulsa cuando responde acertadamente las preguntas que muestra en pantalla (Ver Figura 2.5). Si el usuario responde incorrectamente la pregunta, el vehículo reduce su marcha. El juego consiste en resolver operaciones básicas de suma y resta de fracciones homogéneas. A medida que el usuario responde correctamente el mayor número de preguntas podrá quedar en mejores posiciones con respecto a sus 11 contrincantes.

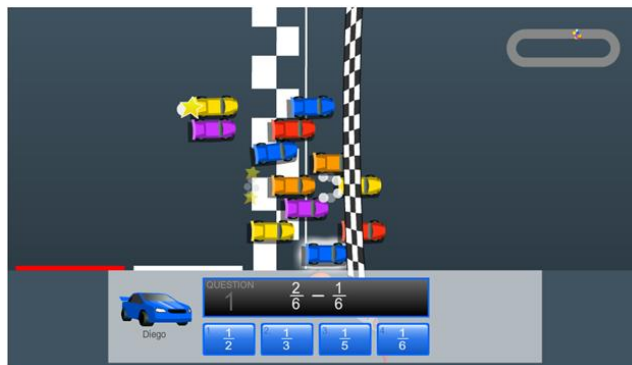


Figura 2.5. Videojuego Speedway con una operación de resta de fraccionarios.

#### 2.2.4.2. SnowSprint (Multiply Fractions)

Videojuego matemático que impulsa al vehículo a medida que el usuario responde acertadamente las preguntas sobre multiplicación de números fraccionarios que salen en pantalla (Ver Figura 2.6). Entre mayor sea el número de preguntas acertadas, el usuario tiene mayor probabilidad de culminar la partida en los primeros lugares.

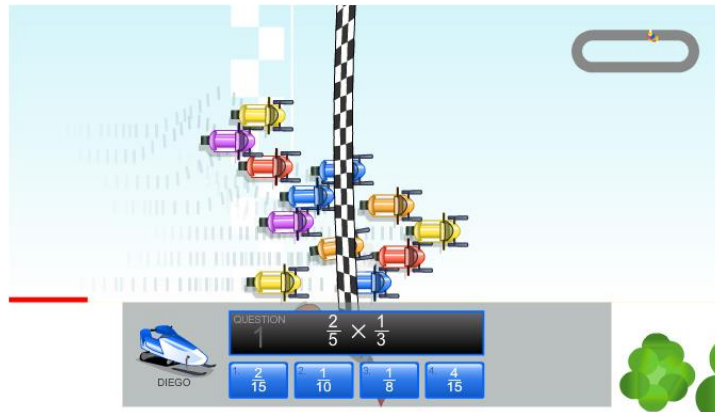


Figura 2.6. Videojuego Snowsprint con una operación de multiplicación de fracciones.

#### 2.2.4.3. Puppy Chase (Fractions To Decimals)

Es un videojuego competitivo donde los usuarios convierten los números mixtos en decimales (Ver Figura 2.7). A medida que la persona resuelva acertadamente el mayor número de preguntas mostradas en pantalla, el personaje dentro del videojuego marchará a una mayor velocidad con la posibilidad de rebasar a sus contrincantes y quedar en las primeras posiciones de la partida.

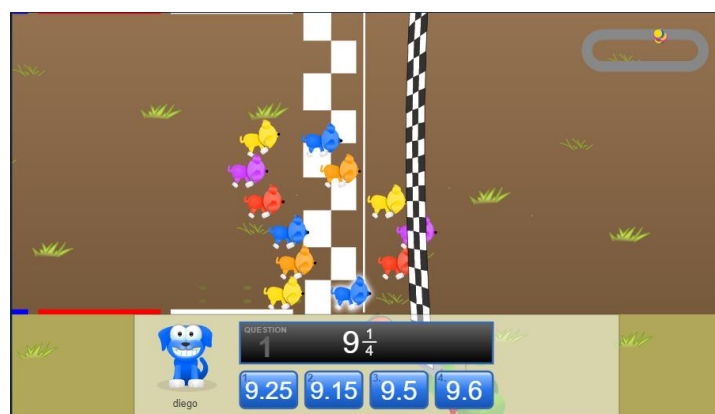


Figura 2.7. Videojuego Puppy Chase donde el usuario debe convertir de número mixto a decimal.



#### 2.2.4.4. *Martian Hoverboards (Algebra Evaluating Expressions)*

El usuario debe resolver la combinación de las operaciones *suma*, *resta* y *multiplicación* que el videojuego presenta (Ver Figura 2.8). A medida que el usuario responda correctamente, los personajes se impulsarán más rápido con la posibilidad de quedar en las primeras posiciones.

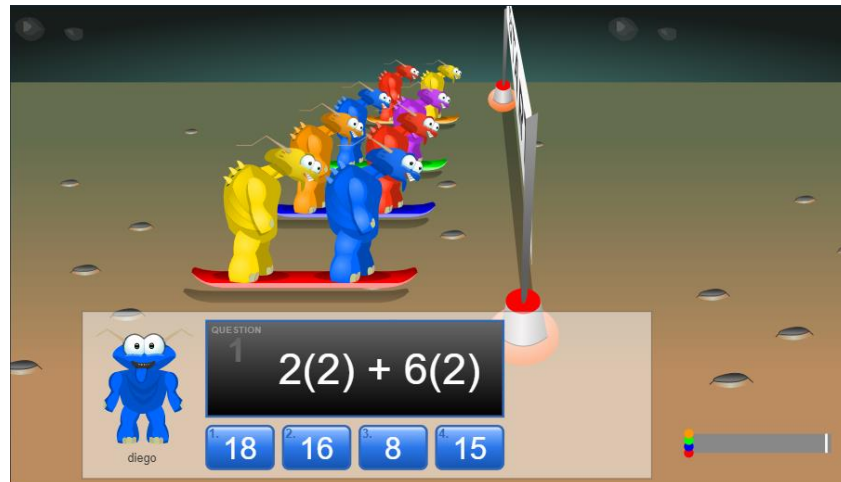


Figura 2.8. Videojuego Martian utilizando dos operaciones en una expresión matemática.

Todos los videojuegos utilizados en la presente investigación se encuentran en la WEB y pertenecen a la empresa *Arcademics* [24].

### 2.3. *Sistemas Inteligentes*

Es un sistema entrenado que puede solucionar problemas sin necesidad de la supervisión de una persona. Los sistemas inteligentes son aquellos que presentan un comportamiento parecido con la inteligencia biológica [32]. Se caracterizan por representar, procesar y modificar la información de un problema y así mejorar su propio razonamiento mediante experiencias previas. A medida que va aprendiendo nuevas experiencias, el sistema es capaz de interactuar con distintos entornos e ir adaptándose a las distintas situaciones que se pueden presentar.

Existen distintas técnicas de inteligencia computacional. Para el desarrollo de esta investigación se plantean *Lógica Difusa* y *Razonamiento Basado en Casos*.

### 2.3.1. Lógica Difusa

Esta técnica permite obtener una respuesta rápida a partir de una información borrosa o imprecisa. La lógica difusa intenta imitar la toma de decisiones de una persona buscando producir un resultado exacto a partir de datos ambiguos.

La información con la que puede trabajar esta técnica es de alto grado de imprecisión comparado con la lógica convencional que necesita tener los datos precisos y completos. La ventaja de esta técnica es que permite formalizar expresiones que contienen un alto grado de ambigüedad. Esto quiere decir que puede trabajar no solo con palabras como “Caliente” y “Frío”, “Grande” y “Pequeño” sino con valores intermedios a éstos [15]. Los datos con alto grado de imprecisión son conocidos como funciones de pertenencia como se muestra en la Figura 2.9 indicando, por ejemplo, la estatura de una persona.

#### 2.3.1.1. Conjuntos Difusos

Se podría definir *conjunto* como un número de elementos bien definidos que puede determinar un objeto cualquiera en un universo dado [16]. La Figura 2.9 muestra las características de un conjunto difuso: *función de pertenencia*, *valor lingüístico*, *universo*.

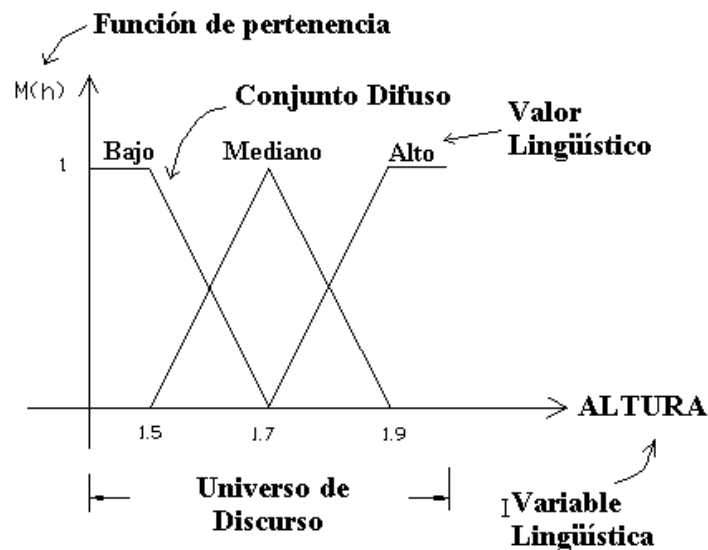


Figura 2.9. Características del sistema difuso.

La función de pertenencia de un conjunto difuso indica el grado de pertenencia entre  $[0,1]$  de un elemento sobre dicho conjunto en un universo. Figura 2.10 muestra las funciones que representan gráficamente un conjunto difuso sobre un universo.

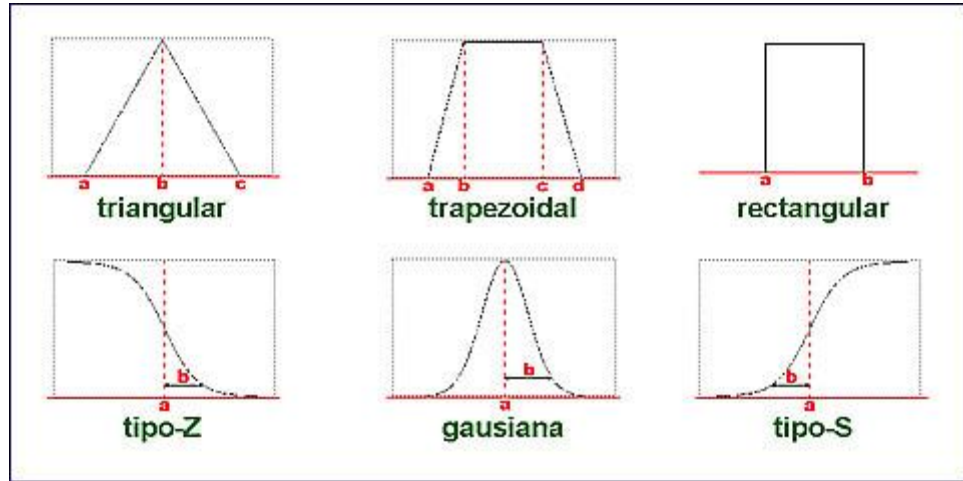


Figura 2.10. Funciones de pertenencias más características en los sistemas difusos.

Se conoce como *Fuzzificación* al proceso de representar los rangos numéricos en expresiones lingüísticas de la información que se esté manejando sobre el universo. De acuerdo con lo anterior, se puede graficar el conjunto difuso como muestra la Figura 2.11. La respuesta del sistema depende de la función de pertenencia que toma valores entre 0 y 1 de acuerdo con elemento que se evalúe [34].

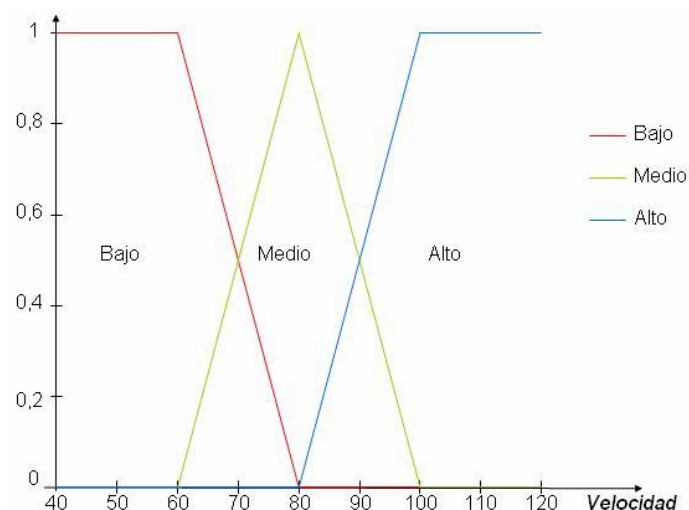


Figura 2.11. Función de pertenencia que representa "la velocidad de un vehículo".

#### 2.3.1.2. Reglas Difusas

Las reglas difusas son creadas a partir del conocimiento experto en el área a desarrollar. El método de elaboración de la regla difusa es conocido como SI-ENTONCES que permite crear mediante una condición una relación directa de las entradas con la salida del sistema. En caso que exista una o varias entradas adicionales, se pueden asociar estas mismas con ayuda de los operadores lógicos “y” (AND), “o” (OR), “no” (NOT) y relacionarlas con la variable a respuesta (Ver Figura 2.12).

Para que el sistema pueda realizar una decisión con base a las reglas difusas, es necesario conocer el grado de pertenencia del conjunto difuso que se está evaluando [34].

El proceso interno para determinar el valor de la variable respuesta del sistema es conocido como *Defuzzificación*. Consta en convertir los valores obtenidos por las variables lingüísticas en valores numéricos. Cada regla difusa genera un conjunto de acuerdo con la función de pertenencia de cada elemento. Todos los conjuntos de salida proveniente de las reglas se combinan en un único conjunto donde el valor de la variable respuesta corresponde al valor del centroide de la figura obtenida [34].

La Figura 2.12 es un ejemplo de lógica difusa que consiste en calcular el porcentaje del valor de la propina mediante dos variables de entrada *servicio* y *comida*. En la gráfica se observan las funciones de pertenencia para cada variable y las reglas establecidas. Posteriormente, se suman las áreas obtenidas por cada regla y como se calcula un valor promedio del área total. Mediante el proceso de mamdani se halla el valor correspondiente al porcentaje de propina que se debe dar. [17].

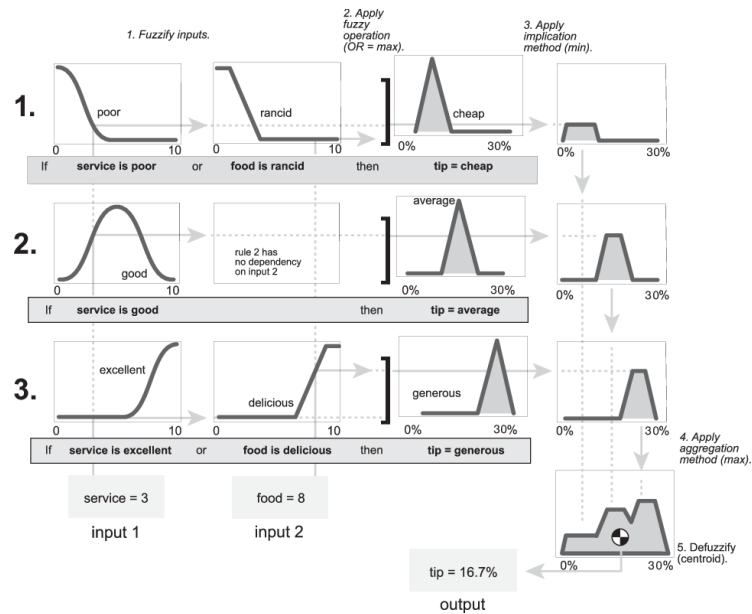


Figura 2.12. Lógica difusa utilizando dos variables de entrada y tres reglas para calcular el valor de la propina [17].

### 2.3.2. Razonamiento Basado en Casos (CBR)

El CBR tiene gran similitud en resolución de problemas con el razonamiento humano ya que la metodología que utiliza para resolver los nuevos casos se basa en experiencias previas similares. Si la experiencia recuperada no se ajusta de manera correcta al caso planteado, el sistema debe proponer nuevas soluciones que ayuden a resolver el problema.

Un caso se describe como el planteamiento de un problema con los distintos factores que puede tener y la solución para ese problema.

La base de casos es el conjunto de todos los casos previos almacenados en el sistema que han dado solución a múltiples problemas.

El CBR se encarga de analizar el caso y buscar la solución que más se adapte a lo propuesto. Si no la encuentra, busca otra solución de su base de casos que se acople al problema. Para actualizar su sistema, esta técnica almacena los datos y soluciones útiles de los casos presentados [18][19].

El CBR consta de un ciclo llamado las cuatro R como se muestra en la Figura 2.13 [20]:

-Recuperar los casos más similares al problema actual.

- Reutilizar* la información que contiene los casos similares para solucionar el actual.
- Revisar* la solución propuesta para el caso.
- Retener* partes de la experiencia que sean importantes para solucionar futuros problemas.

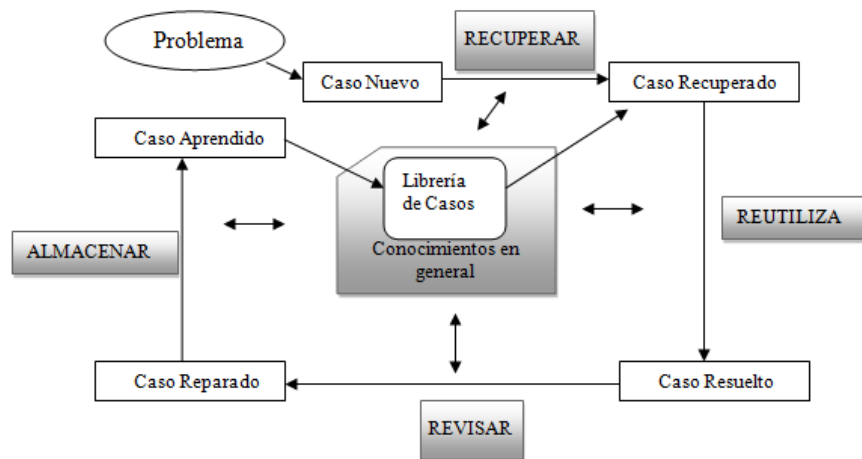


Figura 2.13. Proceso interno del CBR.

# Capítulo 3

## 3. Trabajos Relacionados

*Este capítulo presenta una visión general de los principales trabajos que abordan los temas tratados en esta investigación.*

Teniendo en cuenta los temas principales de la presente investigación que integran *educación, videojuegos y sistemas inteligentes*, es importante conocer los distintos trabajos realizados en el estado del arte. Se presenta a continuación una exploración sobre referencias en las diferentes temáticas: *Educación – Videojuegos, Educación – Sistemas inteligentes, Educación – Videojuegos – Sistemas inteligentes*.

### 3.1. Educación – Videojuegos

La educación es un sector donde se busca la manera de reforzar y mejorar a las personas en su proceso de formación cognitivo. Las referencias [2][22] presentan videojuegos como un recurso muy utilizado para el aprendizaje en el sector educativo.

Los siguientes artículos detallan la utilización de videojuegos para el proceso de aprendizaje. El artículo [2] desarrolló un videojuego para niños con trastorno del espectro autista que tuvo la finalidad de evaluar, reforzar y rehabilitar el comportamiento de éstos. El juego posee tres mini juegos donde en cada etapa se permite analizar el progreso en el juego basado en los datos del comportamiento adquirido.

Por su parte, se presenta un videojuego en [4] donde además de enseñar, fortalecer y desarrollar nuevas estrategias, les ofrece a las personas entornos distintos para su aprendizaje que van desde los conceptos del hogar hasta la escuela.

En [6] se menciona sobre las cualidades que puede aportar un videojuego en cada individuo al jugar: produce, enseña, motiva, socializa, comunica y se aprende de las diferentes culturas. Dentro de las categorías de los videojuegos, éstos también están

ambientados a la educación, salud, ciencia e investigación. Los videojuegos son muy usados para generar un entorno educativo y enseñar procesos de mejora para la salud. Los autores de [6] afirman que el principal objetivo de los videojuegos es enseñar al individuo las distintas herramientas que los juegos traen consigo para mejorar las habilidades cognitivas de las personas.

En la referencia [7] se presenta una simulación que involucra la asignatura de Física, utilizando métodos interactivos con el objetivo de facilitar el aprendizaje de conceptos previos y nuevos para que la enseñanza sea más eficiente con el uso de estas herramientas. La Figura 3.1 presenta un ejemplo de una simulación de carga para un capacitor explicando los factores que influyen en la capacitancia del mismo.

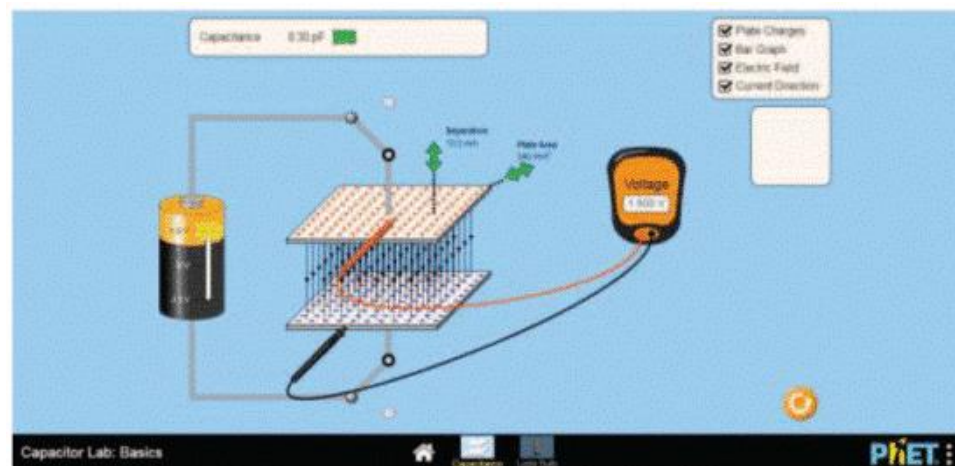


Figura 3.1. Simulación sobre la carga de un capacitor [7].

En [21] utilizan un videojuego en 3D que permite al usuario interactuar con su entorno virtual. Por medio de este videojuego fomentan actitudes como la exploración, la experimentación y la toma de riesgos en la resolución de problemas.

La referencia [22] demuestra por medio de una formulación matemática experimental que existen diferencias importantes que determinan y promueven la transferencia de información. Utilizaron niños de distintas edades para estudiar su memoria de trabajo por medio de videojuegos y concluyen que el entrenamiento cognitivo puede ser efectivo y duradero siempre y cuando evalúen correctamente las capacidades individuales de cada usuario para realizar un entrenamiento satisfactorio.

En [23] se describe un videojuego llamado *Antonyms* que trata a niños que padecen de TDAH (Trastorno por déficit de atención por hiperactividad). Este juego posee un



algoritmo inteligente que promueve el aprendizaje autónomo y controla comportamientos impulsivos para que de esta manera el niño evite pensamientos irrelevantes. El videojuego tiene como objetivo un incremento en la capacidad de mantener la atención centrada en los elementos relevantes de situaciones que los niños enfrentan en su vida diaria.

En [36] presentan un dispositivo llamado *Kodu* creado por *Microsoft* donde permiten que todas las personas, incluido los niños, creen su propio software mediante la utilización de un videojuego. Esta referencia se implementó con un grupo de estudiantes de los grados cuarto y quinto donde los resultados fueron satisfactorios.

Por su parte, en [37] presentan un videojuego llamado *Ashy.alRescate()* donde se tiene como objetivo enseñar temas referentes a la programación orientada a objetos utilizando *Java* como lenguaje de programación. El videojuego recrea una historia de juego donde el estudiante debe implementar códigos de programación para la continuación de la narrativa.

La referencia [38] presenta un videojuego que utiliza realidad aumentada para la enseñanza lógica de las habilidades matemáticas. Este videojuego se implementó en una muestra de 20 estudiantes con diferentes necesidades de aprendizaje. Los resultados obtenidos indican que el rendimiento para el número de estudiantes en el juego es similar.

La investigación [39] enseña el lenguaje de programación XML mediante un videojuego. En este juego los estudiantes controlan una nave espacial por medio de pequeñas instrucciones basadas en dicho lenguaje. A medida que el usuario avanza, salen nuevas instrucciones de juego. El resultado obtenido fue ligeramente superior a la enseñanza de manera tradicional.

En [40] presentan un videojuego educativo donde se incentiva la exploración y comprensión del entorno de los fondos marinos. Con el desarrollo de estos contenidos se proporcionan nuevas ideas para la motivación del aprendizaje en entornos educativos informales.

### 3.2. Educación – Sistemas Inteligentes

La referencia [26] estudia en las personas tres procesos cognitivos: *tasa de ocurrencia, tasa de recurrencia inmediata después de la ocurrencia y el efecto sobre el comportamiento*. Para analizar estas características utilizan tres técnicas de *machine learning* y se detectó que, para las distintas enseñanzas, el aburrimiento es el factor más persistente en todos los entornos de aprendizaje y se asocia con un aprendizaje lento.

La creación de un sistema de tutoría inteligente en [27] tiene como objetivo transmitir conocimiento y hacer que el usuario desarrolle ciertas habilidades en un campo específico. Para que el sistema inteligente logre proporcionar información detallada, debe aprender acciones, necesidades, preferencias y hábitos de los usuarios. De esta manera logra aprender patrones de comportamientos que determinan la clasificación de los distintos participantes.

En [41] se presenta un sistema de tutoría inteligente que proporciona un entorno virtual, práctico y multimedia a los estudiantes de Biología. Mediante este sistema interactivo, el estudiante puede crear experiencias enriquecedoras en el proceso de formación para la asignatura. El sistema consiste en recrear experiencias de un científico involucrado en métodos de investigación científica. Los principales temas a enseñar son: *adquisición de conocimientos de contenido, conceptos y principios relevantes para la genética, la ciencia forense y la biología evolutiva, habilidades y conocimientos relevantes del proceso científico y conocimiento de naturaleza y métodos de la ciencia*.

La referencia [42] desarrolló un sistema de inteligencia artificial que da soporte a robots móviles para su interacción con las personas. Este sistema ayuda en el aprendizaje del idioma inglés donde analiza el contexto y las emociones del usuario. Según la información del contexto reconocido, el robot podría optimizar las respuestas y mejorar la experiencia con el usuario en su interacción. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios en las pruebas realizadas.

La investigación [43] ha creado un sistema inteligente para la asistencia estudiantil que tiene por nombre *LISSA*. Este sistema tiene como objetivo apoyar el proceso de aprendizaje y proporcionar ayuda de manera individual a las tareas que debe

realizar. Adicionalmente consta de varios agentes que permiten monitorear el proceso de aprendizaje de la persona.

En [44] se presenta un sistema inteligente que predice el riesgo de abandono por parte de los estudiantes en las instituciones superiores. Utiliza un sistema inteligente Fuzzy con redes neuronales para predecir estos riesgos en las escuelas. Ha tenido un 85% de acierto en detectar estos tipos de estudiantes. Con ayuda de este sistema buscan poder identificar temprano el abandono escolar solamente con los datos de inscripción.

La referencia [45] desarrolla un sistema de tutoría inteligente con el objetivo de enseñar electrónica básica. El sistema es capaz de enseñar conceptos de elementos electrónicos, simulaciones, problemas usuales en electrónica. Con el desarrollo de este sistema buscan incorporar nuevas técnicas de estudio para obtener mejores respuestas por parte de los estudiantes.

Por otra parte, en [46] se presenta un sistema de tutoría inteligente donde se enseñan los conceptos de principio de Trabajo y Energía para resolver los problemas de dinámica de partículas y cuerpos rígidos en la asignatura de Dinámica. La investigación muestra un aumento en el rendimiento de los usuarios del 37% al 43%.

### **3.3. Educación – Videojuegos – Sistemas Inteligentes**

La investigación realizada en [28], muestra un sistema de tutor inteligente que utiliza los videojuegos como fuente motivacional en los usuarios. Adicionalmente, trabaja con insignias como un factor importante para aumentar la estimulación en la parte educativa. Por último, los autores realizan un análisis de cuál técnica motivacional es la que mayor efecto produce en los usuarios.

La referencia [29] utiliza un sistema de tutoría inteligente que educa a padres e hijos para prevenir problemas de salud por la utilización exagerada de los juegos por computadora o videojuegos.

En [30] se realizó un sistema de tutoría inteligente para evaluar de manera más eficaz a los videojuegos educativos, analizando la efectividad del aprendizaje y la participación de la persona.

En resumen, desde la Figura 3.2 a la Figura 3.8 se muestran los artículos creados por año y los artículos ordenados por sub-área: 1. Educación – Videojuegos (Ver Figura 3.2 a Figura 3.4), 2. Educación – Sistemas Inteligentes (Ver Figura 3.5 a Figura 3.7) y 3. Educación – Videojuegos – Sistemas Inteligentes (Ver Figura 3.8). Las fuentes bibliográficas utilizadas fueron Scopus y Web of Science [33][35].

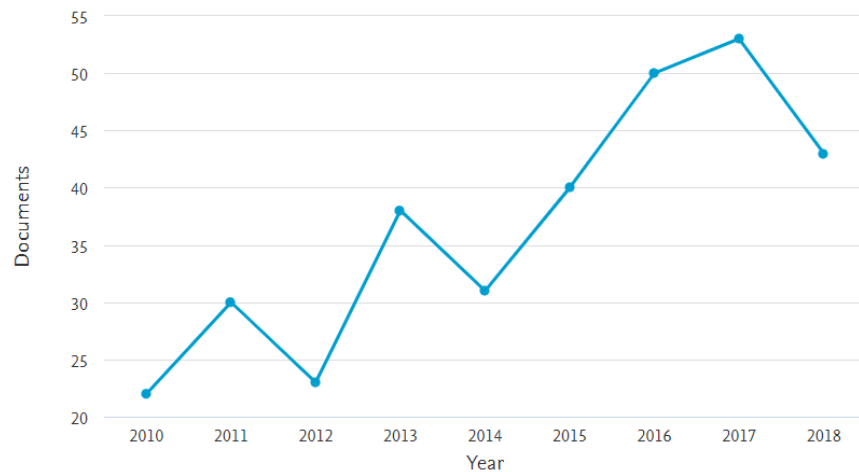


Figura 3.2. Creación de artículos por año sobre Educación – Videojuegos. Tomado de Scopus.

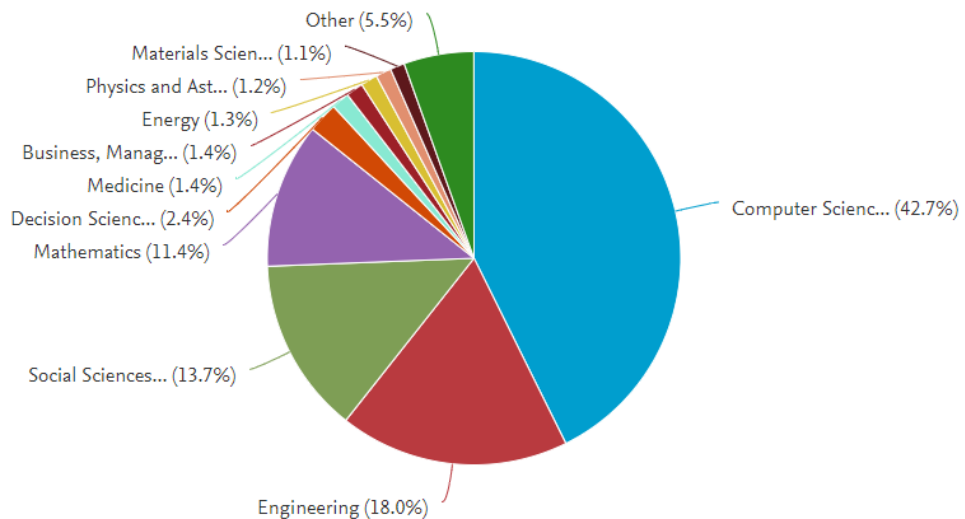


Figura 3.3. Artículos Educación - Videojuegos organizados por sub-áreas. Tomado de Scopus.

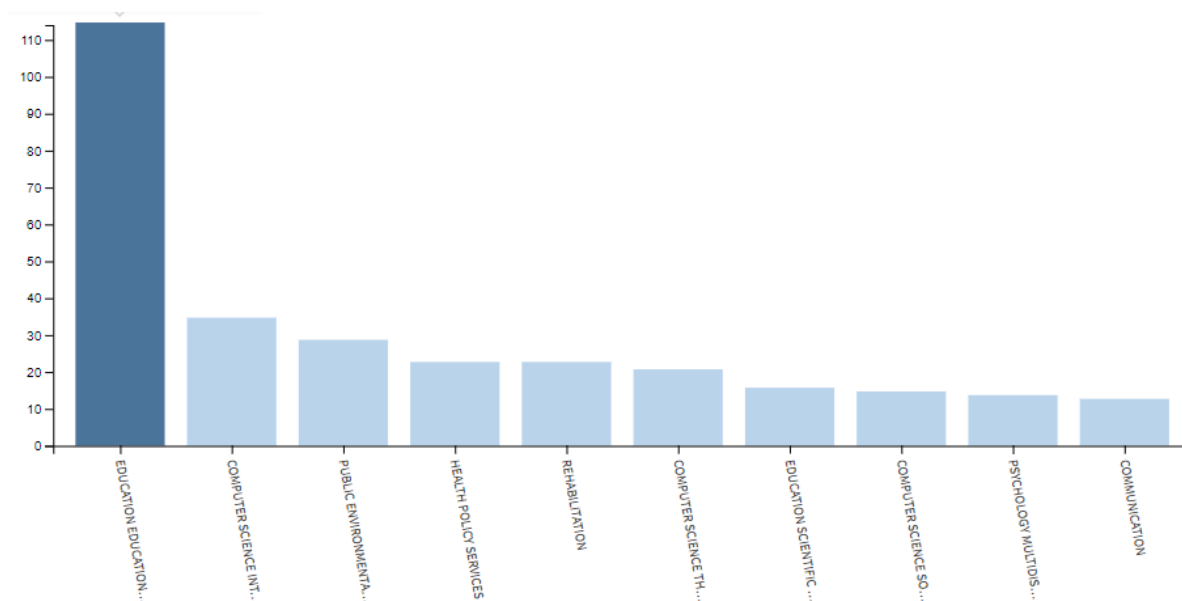


Figura 3.4. Número de artículos sobre Educación - Videojuegos. Tomado de Web Of Science.

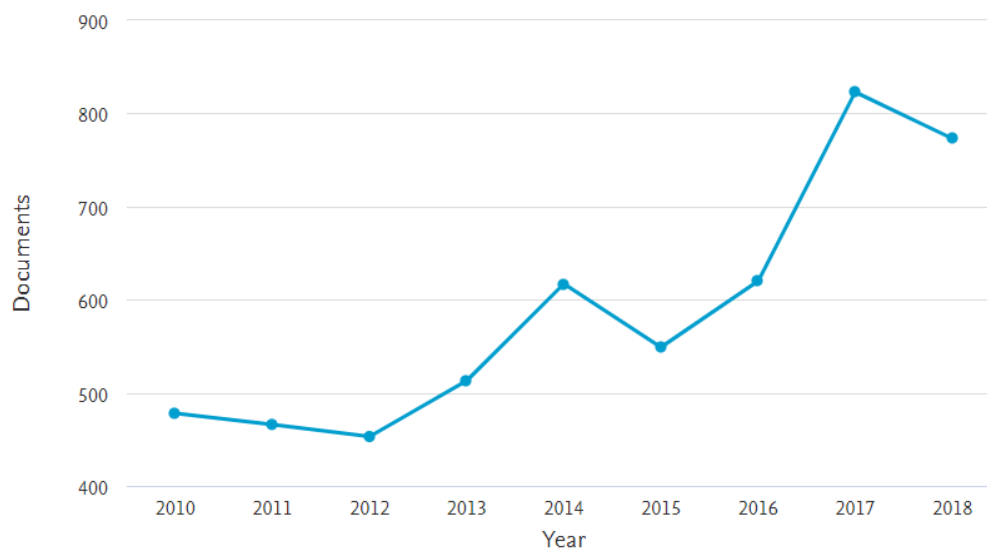


Figura 3.5. Creación de artículos por año sobre Educación - Sistemas Inteligentes. Tomado de Scopus.

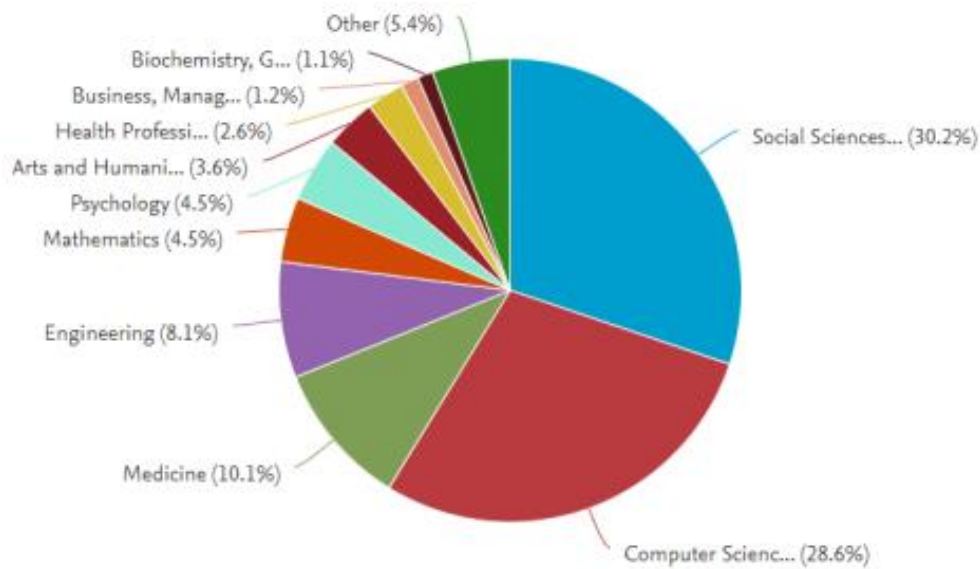


Figura 3.6. Artículos Educación - Sistemas Inteligentes organizados por sub-áreas. Tomado de Scopus.

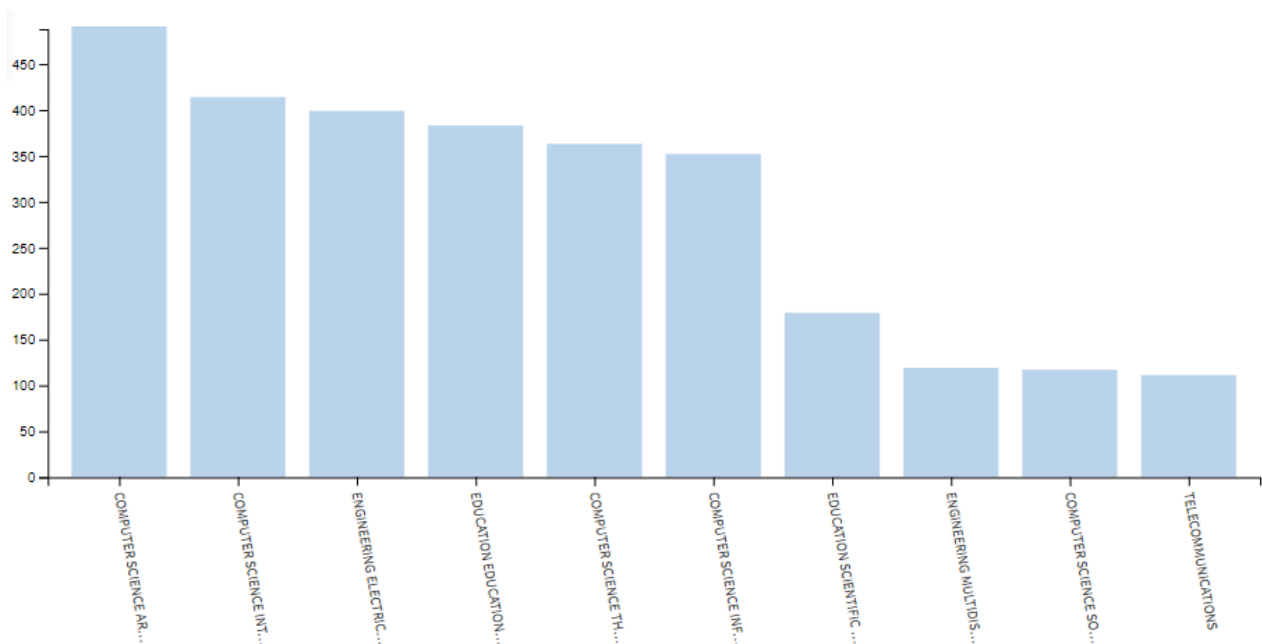


Figura 3.7. Número de artículos sobre Educación - Sistemas Inteligentes. Tomado de Web Of Science.

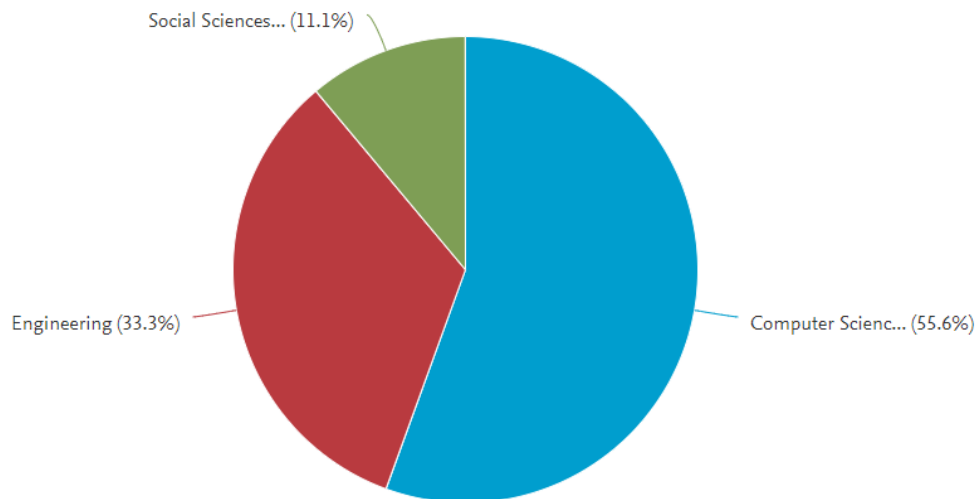


Figura 3.8. Artículos Educación - Videojuegos - Sistemas Inteligentes organizados por sub-áreas. Tomado de Scopus.

### **3.4. Observaciones Finales**

El campo educativo es muy amplio y se puede trabajar desde distintas sub-áreas como se puede observar en las Figura 3.3, Figura 3.6 y Figura 3.8. La Figura 3.2 y Figura 3.5 muestran cómo cada año nuevas investigaciones nacen a partir de estas temáticas.

Es importante destacar que las investigaciones que relacionan sistemas inteligentes y educación presentan en su mayoría como técnica computacional un sistema de tutoría inteligente que tiene como función realizar un seguimiento continuo del usuario [27][28][29][30][41][42][43][45][46]. Éstos a su vez, guardan y analizan cada progreso para crear y sugerir acciones de mejora de acuerdo al desempeño obtenido. Estas investigaciones utilizan en su mayoría agentes inteligentes como Redes Neuronales, CBR, Algoritmos IF-THEN y Deep Learning.

Se realiza un estudio de acuerdo al estado del arte sobre las distintas técnicas computacionales que deben implementarse en la presente investigación y se concluye que utilizar Redes Neuronales y Deep Learning no es lo suficientemente adecuada por la escasez de información para entrenar el sistema. La utilización de algoritmos IF-THEN pueden ser complejos al momento de implementarse y actualizarse.

Se escoge Lógica Difusa porque permite imitar la toma de decisiones buscando un resultado exacto a partir de datos ambiguos. En este sentido, por medio de esta técnica se puede crear una variable que sea capaz de medir el progreso del usuario. De igual manera se escoge el CBR como técnica inteligente para la resolución de problemas debido a la información que puede acceder y la rapidez con la que almacena nuevas experiencias para mejorar su razonamiento.



# **Parte II**

## **Enfoque Propuesto**

# Capítulo 4

## 4. Planteamiento Propuesto

*Este capítulo presenta el enfoque propuesto en esta investigación. Las principales definiciones, consideraciones generales y los algoritmos para el diseño e implementación de este trabajo se presentan en este capítulo.*

### 4.1. Planteamiento del Problema

Existen múltiples videojuegos enfocados a la educación [24]. El problema a resolver involucra la implementación de sistemas inteligentes en la enseñanza interactiva con ayuda de videojuegos. Para dar solución, se crea un modelo general del sistema donde se enlaza cada uno de las características nombradas en el Capítulo 3 (educación, videojuegos y sistemas inteligentes).

El modelo planteado consta de tres bloques principales: *Perfil*, *Evaluación* y *Recomendación* (Ver Figura 4.1). De manera general, *Perfil* es el encargado de comprobar el estado de rendimiento en el que se encuentra el usuario. *Evaluación* es el proceso que cuantifica en una sola variable toda la información obtenida de las partidas realizadas en los videojuegos. Por último, en la etapa de *Recomendación*, el sistema inteligente por medio de una interfaz sugiere herramientas de estudio que dependen del perfil alcanzado. Adicionalmente, en esta sección se presenta una información estadística donde se muestra la evolución del usuario al interactuar con el sistema.



Figura 4.1. Diagrama de bloques general del sistema planteado.

El diagrama anterior puede dividirse en subprocesos, permitiendo obtener un modelo más detallado como se puede observar en la Figura 4.2.

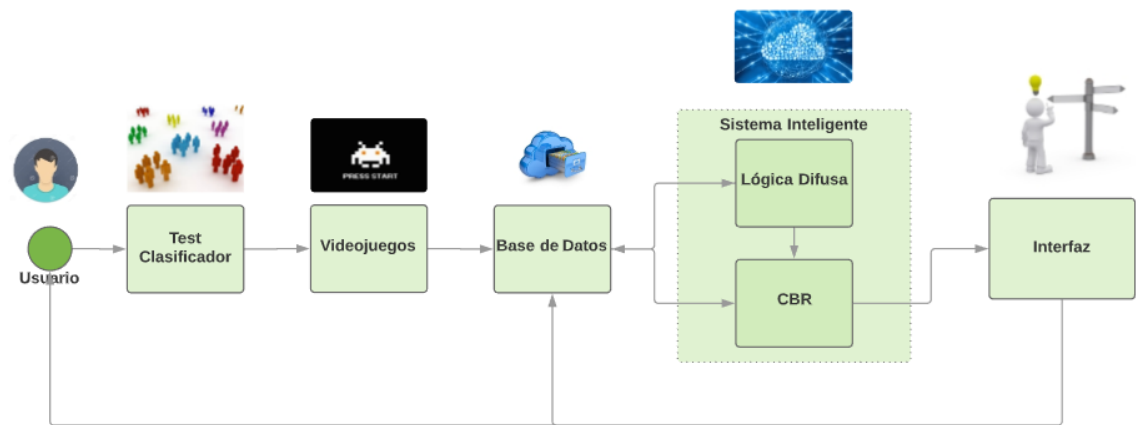


Figura 4.2. Modelo del sistema especificado.

#### 4.1.1. Perfil

Este bloque consta de dos procesos llamados *Usuario* y *Test Clasificador*. El primero es la entrada principal del sistema. En este bloque el usuario crea su cuenta registrando su información personal. Como función adicional este proceso recibe al final de cada evaluación la retroalimentación del sistema inteligente. Recibe los resultados estadísticos y las recomendaciones dependiendo del perfil.

Como segundo proceso se encuentra el bloque *Test Clasificador*. El usuario al iniciar sesión en la plataforma por primera vez, automáticamente le aparecerá en pantalla un test inicial que se debe resolver en un tiempo no superior a 5 minutos. El test consta de 5 preguntas de suma y resta de números fraccionarios y 5 preguntas de multiplicación de fraccionarios con 4 posibles respuestas para cada pregunta ( Ver Figura 4.3). La Tabla 4.1 muestra la clasificación de los perfiles para los usuarios de acuerdo con los resultados alcanzados en el test. Los perfiles se expresan numéricamente para facilitar la búsqueda en la base de datos.

DR Innovación
Inicio
Salir

### ¡Bienvenido a Smart Game!

Antes de iniciar, es necesario que respondas las siguientes preguntas:

1. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$

☐ A: 1  
☐ B: 1/2  
☐ C: 3/2  
☐ D: 2

2. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{7}{2} + \frac{5}{2}$

☐ A: 7/2  
☐ B: 6  
☐ C: 6/2  
☐ D: 12

3. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{4}{3} - \frac{3}{3}$

☐ A: 2/3  
☐ B: 3  
☐ C: 1/2  
☐ D: 1/3

4. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{8}{1} - \frac{1}{3}$

☐ A: 20/7  
☐ B: 13/2  
☐ C: 17/3  
☐ D: 12/6

5. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{4}{4} + \frac{7}{7}$

☐ A: 3/4  
☐ B: 7/4  
☐ C: 4/7  
☐ D: 2

6. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{8}{2} + \frac{1}{4}$

☐ A: 1  
☐ B: 8/7  
☐ C: 30/8  
☐ D: 7/3

7. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{1}{5} + \frac{3}{6}$

☐ A: 2/3  
☐ B: 6/5  
☐ C: 5/30  
☐ D: 1/10

8. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{7}{5} + \frac{2}{4}$

☐ A: 7/10  
☐ B: 14/5  
☐ C: 14/4  
☐ D: 9/12

9. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{6}{5} + \frac{2}{5}$

☐ A: 1/5  
☐ B: 10/5  
☐ C: 2/5  
☐ D: 5/5

10. Seleccione el resultado de la operación  $\frac{1}{5} + \frac{8}{3}$

☐ A: 9/27  
☐ B: 8/27  
☐ C: 12/3  
☐ D: 12/8

Edad:

Figura 4.3. Test inicial de usuario.

Tabla 4.1. Clasificación del perfil de acuerdo a los resultados del test.

Respuestas		Perfil	ID
Suma y Resta	Multiplicación		
Mayor e igual a 4	Mayor e igual a 4	<b>Avanzado</b>	<b>1</b>
Mayor e igual a 4	Menor e Igual a 3	<b>Intermedio 1</b>	<b>2</b>
Menor e Igual a 3	Mayor e igual a 4	<b>Intermedio 2</b>	<b>3</b>
Menor e Igual a 3	Menor e Igual a 3	<b>Principiante</b>	<b>4</b>

#### 4.1.2. Evaluación

Este bloque se encuentra dividido en tres procesos llamados *Videojuegos*, *Base de Datos* y *Sistema Inteligente*.

#### 4.1.2.1. Videojuegos

En esta etapa el usuario puede ingresar y jugar en cada uno de los distintos videojuegos explicados en la Sección 2.2.4. Es aquí donde se obtienen todas las variables utilizadas por cada partida con el objetivo de ingresarlas al sistema.

*Id\_Usuario*: Número de identificación único por usuario.

*Id*: Corresponde al número único de la partida.

*Nombre\_juego*: Nombre del videojuego de la partida jugada.

*Exactitud*: Relación en porcentaje de las preguntas acertadas.

*Correctas*: Número total de preguntas acertadas.

*Incorrectas*: Número total de preguntas incorrectas.

*Lugar*: Posición del jugador al llegar a la meta.

*Rate*: Relación del número de preguntas por minuto.

*Tiempo*: Tiempo total de la partida.

*TiempoProm*: Tiempo promedio por pregunta

*RespIncorrectas*: Almacena toda la información de las preguntas contestadas incorrectamente.

*Fecha partida*: Fecha que se realizó la partida.

A medida que el usuario interactúe en los distintos videojuegos, la plataforma almacena toda la información en el bloque base de datos.

#### 4.1.2.2. Base de datos

Este bloque guarda toda la información de los distintos procesos del diagrama de bloques presentado (Ver Figura 4.2). Todos los datos se almacenan en tablas que posteriormente son llamadas dependiendo del bloque que las esté utilizando. Esta base de datos se configuró en la herramienta MySQL.

Como primera medida el sistema almacena todos los registros de usuarios en una tabla que tiene por nombre *USERS* (Ver Figura 4.4). Esta tabla maneja los siguientes datos:

*Id*: Es el número único que identifica a cada usuario.

*Email*: Correo electrónico de la persona.

*Usuario*: Es el apodo (nickname) utilizado en la plataforma.

*Password:* Contraseña de acceso a la plataforma con una configuración que permite encriptarla y así obtener una mejor seguridad del sistema contra agentes externos.

*Encuesta:* Variable que indica si el usuario realizó la encuesta inicial. 0 representa que el usuario no ha realizado la encuesta, 1 que ya la realizó.

*Perfil:* Indica el perfil actual que tiene el usuario para los videojuegos *SpeedWay* y *SnowSprint*.

*Perfil\_2:* Muestra el perfil actual del usuario para los videojuegos *Puppy Chase* y *Martian*.

*Rend\_suma:* Es el resultado de las sumas y restas de fracciones realizadas en el test inicial.

*Rend\_mult:* Es el resultado de las multiplicaciones de fracciones realizadas en el test inicial.

*N\_recomendación:* Corresponde al índice de la recomendación a mostrar para los videojuegos *SpeedWay* y *SnowSprint*.

*N\_recomendación\_2:* Corresponde al índice de la recomendación a mostrar para los videojuegos *Puppy Chase* y *Martian*.

*Admin:* Variable que indica si un perfil es administrador o no. 1: Administrador, 0: No es Administrador.

*Edad:* Registra la edad de cada usuario.

*Reco\_exito:* Variable que indica si el usuario ha visto las recomendaciones en la ventana de rendimiento. En caso de que haya visto las recomendaciones se almacenará un 1, de lo contrario un 0. De esta manera PHP se encarga de mostrar un mensaje en pantalla cuando el usuario decida salir de la ventana rendimiento sin visualizar al menos una sugerencia de las planteadas por el sistema (Ver Figura 4.5).

id	email	usuario	password	encuesta	perfil	perfil_2	rend_sum	rend_mult	n_recomendacion	n_recomendacion_2	admin	edad	reco_exito
10	jaime@macdanet.com	Jaime Lopez	\$2y\$10\$IUd4IVwdWO2Ek3g6L	1	4	2	1	2	1	1	1	19	0
12	diego@mail.com	diego	\$2y\$10\$3KGEHMSK7ZmXfU9ka	1	2	2	5	5	1	1	1	12	0
16	christianq@uninorte.edu	Christian Quintero	\$2y\$10\$yYDExsl9vnlZ9kCc5eEz	1	2	1	5	5	1	1	0	31	0
22	nelsonjose0330@gmail.	nelson morales	\$2y\$10\$Dk50AKd194toSlYQx3lI	1	3	2	5	2	1	1	0	13	0
23	ernestorico01@outlook.	ernestorico	\$2y\$10\$yL78wz.i4Hw4pXvqA4hl	1	3	3	2	5	1	1	0	13	0
24	somberbadger24@gmai	Jose Maria Oviedo	\$2y\$10\$u7IA.nvPbIXHhAS05N4r	1	3	1	4	4	1	1	0	13	0
25	pabonsenior@gmail.com	alan pabon	\$2y\$10\$NQ0TLpeeDOI8CLOCG	1	1	2	2	5	3	1	0	13	0

Figura 4.4. Ejemplo de tabla *USERS*.

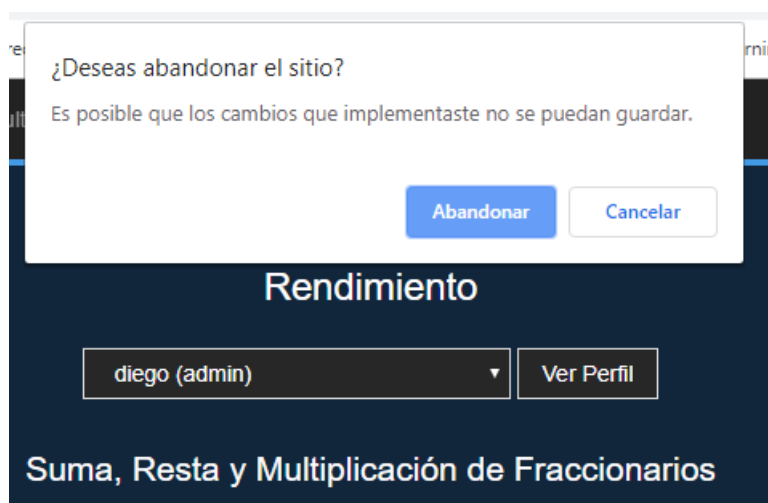


Figura 4.5. Ventana emergente producida por la información de la variable *Reco\_exito*.

La información recibida por los videojuegos se almacena en la tabla llamada *DATOS* (Ver Figura 4.6).

id_usuario	id	nombre_juego	exactitud	correctas	incorrectas	lugar	rata	tiempo	tiempoProm	respIncorrectas	fecha_partida
24	226	SpeedWay	66	4	2	10	3	61508	9290	[{"question":"3/5 4/5","correctAnswer":"7/5","user...	2019-09-05 07:28:11
24	227	SpeedWay	85	6	1	7	6	58580	8047	[{"question":"3/5 2/5","correctAnswer":"1/1","user...	2019-09-05 07:36:20
26	229	SpeedWay	16	2	10	12	1	63213	4169	[{"question":"2/3-1/3","correctAnswer":"1/3","user...	2019-09-05 07:36:40
27	230	SpeedWay	11	1	8	12	0	63132	3211	[{"question":"3/6 5/6","correctAnswer":"4/3","user...	2019-09-05 07:37:13
22	231	SpeedWay	35	7	13	12	6	63125	2171	[{"question":"2/5-2/5","correctAnswer":"0/25","use...	2019-09-05 07:39:22
24	232	SpeedWay	91	11	1	5	11	58338	4652	[{"question":"2/3-2/3","correctAnswer":"0/9","user...	2019-09-05 07:39:22
27	233	SpeedWay	11	1	8	12	0	63177	5632	[{"question":"5/6-4/6","correctAnswer":"1/6","user...	2019-09-05 07:39:24
51	234	SpeedWay	25	3	9	12	2	63300	4395	[{"question":"1/6 3/6","correctAnswer":"2/3","user...	2019-09-05 07:39:25
39	235	SpeedWay	0	0	14	12	0	63349	3340	[{"question":"3/6-3/6","correctAnswer":"0/36","use...	2019-09-05 07:39:25
67	236	SpeedWay	11	1	8	12	0	63214	5873	[{"question":"5/10 1/10","correctAnswer":"3/5","us...	2019-09-05 07:39:25
44	237	SpeedWay	23	6	20	12	5	63182	1414	[{"question":"2/5-1/5","correctAnswer":"1/5","user...	2019-09-05 07:39:26
46	238	SpeedWay	36	4	7	12	3	63354	5037	[{"question":"3/6-3/6","correctAnswer":"0/36","use...	2019-09-05 07:39:28
58	239	SpeedWay	19	4	17	12	3	63147	1783	[{"question":"1/4 2/4","correctAnswer":"3/4","user...	2019-09-05 07:39:30
47	240	SpeedWay	66	6	3	12	5	62769	6479	[{"question":"2/4-1/4","correctAnswer":"1/4","user...	2019-09-05 07:39:31
25	241	SpeedWay	33	3	6	12	2	63142	5720	[{"question":"3/4-2/4","correctAnswer":"1/4","user...	2019-09-05 07:39:31

Figura 4.6. Ejemplo de tabla *DATOS*.

La Figura 4.7 guarda la información relevante procedente de la tabla *DATOS*, con el rendimiento calculado por el sistema. En esta tabla llamada *registros\_partidas\_usuarios* se cambia el tipo de variable en la columna *juego* para agilizar la búsqueda, por lo anterior los videojuegos quedaron enumerados como muestra la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Identificación numérica de los videojuegos.

Videojuegos	Identificador
SpeedWay	1
SnowSprint	2
Puppy Chase	3
Martian	4

id	juego	usuario_f	salida_fuzzy_f	tiempo_partida_f	pcorrectas_f	pincorrectas_f
919	1	12	4.86646	63.331	0	3
920	1	12	4.66484	60.18	3	0
921	1	12	4.82626	63.115	0	2
922	1	12	4.67159	62.148	1	1
923	1	12	4.81216	58.963	6	0
924	1	12	4.83321	63.153	6	2
1520	1	10	7.5	59.332	11	2
1558	1	10	4.79531	62.942	6	2
1577	1	10	2.16715	63.155	2	7
1598	1	10	2.28436	63.465	3	9
1616	1	10	2.14888	63.105	2	10
1637	2	10	2.16642	63.153	1	10
1657	2	10	4.65096	60.015	3	1
925	2	12	4.58333	61.004	0	0
926	2	12	4.61052	61.593	0	0
927	2	12	4.58948	60.731	0	0
928	2	12	4.58561	61.161	0	0
929	2	12	4.65326	59.996	0	0
933	3	12	4.58405	60.911	0	0
935	3	12	4.58384	61.075	0	0
937	3	12	4.8118	63.035	0	0

Figura 4.7. Ejemplo de registro de partidas.

La tabla *Recomendaciones* almacena los enlaces del material a sugerir por el CBR (Ver Figura 4.8).



id	v_sum	v_rest	v_s_r	v_mult	p_sum	p_rest	p_mult	p_s_r	mixto	combinaciones
1	<a href="https://www.v=LVHo5">https://www.v=LVHo5</a>	<a href="https://www.v=FRPijN0">https://www.v=FRPijN0</a>	<a href="https://www.v=8sVIQ">https://www.v=8sVIQ</a>	<a href="https://www.v=FqVh">https://www.v=FqVh</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="http://www.v=...">http://www.v=...</a>	<a href="http://www.v=...">http://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=9ZoWe">https://www.v=9ZoWe</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=DNsgtOld66c">https://www.youtube.com/watch?v=DNsgtOld66c</a>
2	<a href="https://www.v=ly85ON">https://www.v=ly85ON</a>	<a href="https://www.v=alKGXIC">https://www.v=alKGXIC</a>	<a href="https://www.v=LntlkH">https://www.v=LntlkH</a>	<a href="https://www.v=YGXl">https://www.v=YGXl</a>	<a href="http://www.v=...">http://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=VGv0gcY">https://www.v=VGv0gcY</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=1gww2KtNVqM">https://www.youtube.com/watch?v=1gww2KtNVqM</a>
3	<a href="https://www.v=antZqj9">https://www.v=antZqj9</a>	<a href="https://www.v=EgTV5p">https://www.v=EgTV5p</a>	<a href="https://www.v=HCx6j">https://www.v=HCx6j</a>	<a href="https://www.v=VDTZ">https://www.v=VDTZ</a>	<a href="https://www.v=de...">https://www.v=de...</a>	<a href="http://www.v=...">http://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=12-Concepto de-Matem...">https://www.v=12-Concepto de-Matem...</a>	<a href="https://www.lifeder.combinadas/">https://www.lifeder.combinadas/</a>
4	<a href="https://www.v=Gph8Jc">https://www.v=Gph8Jc</a>	<a href="https://www.v=5Sdmjw">https://www.v=5Sdmjw</a>	<a href="https://www.v=LgMpl">https://www.v=LgMpl</a>	<a href="https://www.v=_2F4E">https://www.v=_2F4E</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="https://www.v=...">https://www.v=...</a>	<a href="http://www.v=...">http://www.v=...</a>	<a href="https://www.monte...">https://www.monte...</a>

Figura 4.8. Tabla de Recomendaciones.

La Figura 4.9 y Figura 4.10 muestran un ejemplo de la base de casos para los distintos videojuegos. En estas tablas que tienen por nombre *prueba\_de\_casos* y *prueba\_de\_casos\_2* se almacenan todos los casos actualizados del CBR.

Ncaso	perfil	edad	fuzzy_suma	fuzzy_multi	n_recomendacion	fecha_caso
1	4	15	2.610	4.181	1	2019-09-12 09:53:58.000000
2	3	15	2.729	7.567	1	2019-09-12 09:55:22.000000
3	3	15	8.326	11.986	1	2019-09-12 10:41:13.000000
4	3	15	4.892	6.875	1	2019-09-12 10:44:15.000000

Figura 4.9. Ejemplo de prueba de casos para los juegos SpeedWay y SnowSprint.

Ncaso	perfil	edad	fuzzy_puppy	fuzzy_martian	n_recomendacion	fecha_caso
1	4	15	4.635	3.308	1	2019-09-12 09:57:35.000000
2	1	15	11.634	10.144	1	2019-09-12 09:59:14.000000
3	3	15	8.732	11.124	1	2019-09-12 10:03:27.000000
4	1	15	13.267	13.267	1	2019-09-12 10:07:11.000000

Figura 4.10. Ejemplo de prueba de casos para los juegos Puppy Chase y Martian.

#### 4.1.2.3. Sistema Inteligente

Esta sección está compuesta por dos bloques llamados *Lógica difusa* y *CBR*. En la sección de *Evaluación*, la lógica difusa es la encargada de determinar el rendimiento del usuario teniendo en cuenta que hay información múltiple por cada partida. Se requiere unir todas estas variables y obtener así una sola variable respuesta para clasificar al usuario.

Posteriormente, se implementó el CBR como el sistema que interactúe con la persona en la sección llamada *Recomendación*. Éste es el encargado de elegir cuál recomendación es la más idónea a las necesidades del usuario.

#### 4.1.2.3.1. Lógica Difusa

Para alimentar el sistema, es necesario transferir la información del usuario de la base de datos a Python. Esto se realiza por medio de una petición HTTP, donde al ingresar el *id* del usuario y el nombre del videojuego, el sistema proporciona toda la información que se encuentre en el servidor. Posteriormente, los datos se codifican en formato JSON para un mejor manejo de la información como lo muestra la Figura 4.11.

```

[{"id": "933", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 10, "rata": 0, "tiempo": 60911, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-08 12:21:52", "resplIncorrectas": []}, {"id": "935", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 9, "rata": 0, "tiempo": 61075, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-08 12:22:01", "resplIncorrectas": []}, {"id": "937", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 12, "rata": 0, "tiempo": 63035, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-08 12:22:10", "resplIncorrectas": []}, {"id": "938", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 11, "rata": 0, "tiempo": 61356, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-08 12:22:25", "resplIncorrectas": []}, {"id": "939", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 10, "rata": 0, "tiempo": 61445, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-08 12:22:33", "resplIncorrectas": []}, {"id": "2335", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 11, "rata": 0, "tiempo": 60530, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-12 21:26:30", "resplIncorrectas": []}, {"id": "2336", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 11, "rata": 0, "tiempo": 60747, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-12 21:26:36", "resplIncorrectas": []}, {"id": "2337", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 11, "rata": 0, "tiempo": 62233, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-12 21:26:43", "resplIncorrectas": []}, {"id": "2338", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 10, "rata": 0, "tiempo": 60983, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-12 21:26:48", "resplIncorrectas": []}, {"id": "2339", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 11, "rata": 0, "tiempo": 59, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-12 21:27:08", "resplIncorrectas": []}, {"id": "4328", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 0, "correctas": 0, "incorrectas": 0, "lugar": 12, "rata": 0, "tiempo": 63155, "tiempoProm": 0, "fecha_partida": "2019-09-30 16:05:01", "resplIncorrectas": []}, {"id": "4343", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 100, "correctas": 10, "incorrectas": 0, "lugar": 3, "rata": 10, "tiempo": 58097, "tiempoProm": 5143, "fecha_partida": "2019-10-02 06:55:47", "resplIncorrectas": [{"question": "4 3/4", "correctAnswer": "4.75", "userAnswer": "4.75", "correct": true, "time": 11310}, {"question": "8 3/4", "correctAnswer": "8.75", "userAnswer": "8.75", "correct": true, "time": 2040}, {"question": "2 1/10", "correctAnswer": "9.2", "userAnswer": "9.2", "correct": true, "time": 1156}, {"question": "9 1/4", "correctAnswer": "9.25", "userAnswer": "9.25", "correct": true, "time": 1869}, {"question": "9 6/10", "correctAnswer": "9.6", "userAnswer": "9.6", "correct": true, "time": 1547}, {"question": "8 8/10", "correctAnswer": "8.8", "userAnswer": "8.8", "correct": true, "time": 1883}, {"question": "9 1/2", "correctAnswer": "9.5", "userAnswer": "9.5", "correct": true, "time": 1197}, {"question": "9 7/10", "correctAnswer": "9.7", "userAnswer": "9.7", "correct": true, "time": 1249}, {"question": "6 5/10", "correctAnswer": "6.5", "userAnswer": "6.5", "correct": true, "time": 2225}, {"question": "9 8/10", "correctAnswer": "9.8", "userAnswer": "9.8", "correct": true, "time": 6951}, {"id": "4441", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 57, "correctas": 4, "incorrectas": 3, "lugar": 12, "rata": 3, "tiempo": 63164, "tiempoProm": 5947, "fecha_partida": "2019-10-02 07:41:15", "resplIncorrectas": [{"question": "1 1/2", "correctAnswer": "1.5", "userAnswer": "1.5", "correct": true, "time": 2009}, {"question": "8 2/4", "correctAnswer": "8.5", "userAnswer": "8.5", "correct": false, "time": 4378}, {"question": "5 1/2", "correctAnswer": "5.5", "userAnswer": "5.5", "correct": true, "time": 2721}, {"question": "8 1/4", "correctAnswer": "8.25", "userAnswer": "8.25", "correct": true, "time": 5732}, {"question": "9 2/4", "correctAnswer": "9.5", "userAnswer": "9.8", "correct": false, "time": 6277}, {"question": "9 1/10", "correctAnswer": "9.1", "userAnswer": "9.1", "correct": true, "time": 14685}, {"question": "9 3/4", "correctAnswer": "9.75", "userAnswer": "9.73", "correct": false, "time": 5829}, {"id": "5592", "id_usuario": "12", "nombre_juego": "PuppyChase", "exactitud": 95, "correctas": 21, "incorrectas": 1, "lugar": 1, "rata": 22, "tiempo": 55917, "tiempoProm": 2290, "fecha_partida": "2019-10-02 11:04:52", "resplIncorrectas": [{"question": "8 1/4", "correctAnswer": "8.25", "userAnswer": "8.25", "correct": true, "time": 3191}, {"question": "9 1/2", "correctAnswer": "9.5", "userAnswer": "9.5", "correct": true, "time": 2774}, {"question": "9 2/4", "correctAnswer": "9.5", "userAnswer": "9.25", "correct": false, "time": 2897}, {"question": "2 3/4", "correctAnswer": "2.75", "userAnswer": "2.75", "correct": true, "time": 3058}, {"question": "9 4/10", "correctAnswer": "9.4", "userAnswer": "9.4", "correct": true, "time": 1481}, {"question": "3 1/4", "correctAnswer": "3.25", "userAnswer": "3.25", "correct": true, "time": 2494}, {"question": "8 2/4", "correctAnswer": "8.5", "userAnswer": "8.5", "correct": true, "time": 2313}, {"question": "9 1/4", "correctAnswer": "9.25", "userAnswer": "9.25", "correct": true, "time": 3609}, {"question": "9 3/10", "correctAnswer": "9.3", "userAnswer": "9.3", "correct": true, "time": 1499}, {"question": "9 3/4", "correctAnswer": "9.75", "userAnswer": "9.75", "correct": true, "time": 3846}, {"question": "7 1/10", "correctAnswer": "7.1", "userAnswer": "7.1", "correct": true, "time": 2481}, {"question": "8 3/10", "correctAnswer": "8.3", "userAnswer": "8.3", "correct": true, "time": 1884}, {"question": "9 9/10", "correctAnswer": "9.9", "userAnswer": "9.9", "correct": true, "time": 1376}, {"question": "8 6/10", "correctAnswer": "8.6", "userAnswer": "8.6", "correct": true, "time": 1922}, {"question": "9 7/10", "correctAnswer": "9.7", "userAnswer": "9.7", "correct": true, "time": 1475}, {"question": "8 7/10", "correctAnswer": "8.7", "userAnswer": "8.7", "correct": true, "time": 1173}, {"question": "9 1/5", "correctAnswer": "9.2", "userAnswer": "9.2", "correct": true, "time": 2229}, {"question": "8 6/10", "correctAnswer": "9.6", "userAnswer": "9.6", "correct": true, "time": 1505}, {"question": "9 1/10", "correctAnswer": "9.1", "userAnswer": "9.1", "correct": true, "time": 1198}, {"question": "7 3/5", "correctAnswer": "7.6", "userAnswer": "7.6", "correct": true, "time": 3083}, {"question": "9 5/10", "correctAnswer": "9.5", "userAnswer": "9.5", "correct": true, "time": 2090}, {"question": "7 4/10", "correctAnswer": "7.4", "userAnswer": "7.4", "correct": true, "time": 2802}]]

```

Figura 4.11. Respuesta a la petición hecha en HTTP. Información completa de la base de datos en formato JSON del usuario 12 y el videojuego Puppy Chase.

Luego de recibir la información completa del usuario, se decodifican los datos recibidos y es aquí donde se conoce cada variable por partida de juego del usuario. Con esta información se procede a realizar el sistema i nteligente.

Para determinar una única variable de salida llamada “*Rendimiento*”, se eligieron como entradas difusas los campos *correctas*, *incorrectas* y *tiempo* (Ver Figura 4.6). Se utilizó esta información porque a través de estos se pueden calcular los datos complementarios como *Exactitud*, *Rate* y *TiempoProm*.

Los videojuegos *Speedway*, *SnowSprint* y *Puppy Chase* utilizan un modelo de juego idéntico por lo que se implementa un mismo sistema difuso. Mientras que para el videojuego *Martian*, el modelo de juego es distinto con una mayor duración en el tiempo de partida. Esto conlleva a realizar una modificación en el conjunto difuso del tiempo para dicho videojuego.

#### 4.1.2.3.1.1. Conjunto Difuso Correctas ( $N_{preguntaAcert}$ )

Para crear las funciones de pertenencia fue necesario realizar partidas con diferentes usuarios y clasificar los resultados. La Figura 4.12 muestra los rangos de respuestas acertadas obtenidas por la experimentación: 0 – 10 (pobre), 9 – 15 (medio) y 14 preguntas en adelante (Bueno).

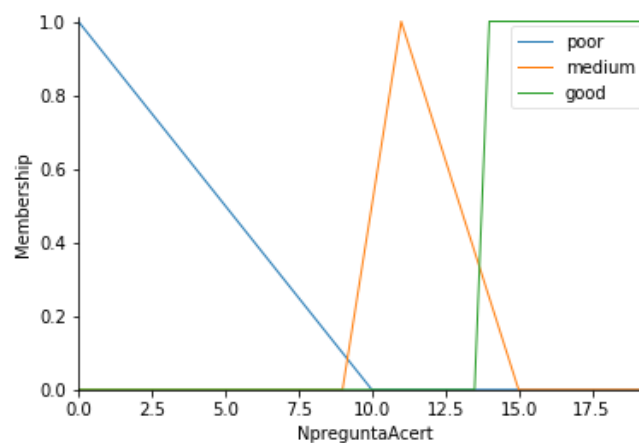


Figura 4.12. Conjunto difuso para las preguntas contestadas correctamente.

#### 4.1.2.3.1.2. Conjunto Difuso Incorrectas ( $N_{preguntaError}$ )

Las funciones de pertenencia para las preguntas respondidas incorrectamente se clasificaron en los siguientes rangos: 0 – 5 (bueno), 3 – 11 (medio) y 10 preguntas en adelante (pobre) (Ver Figura 4.13).

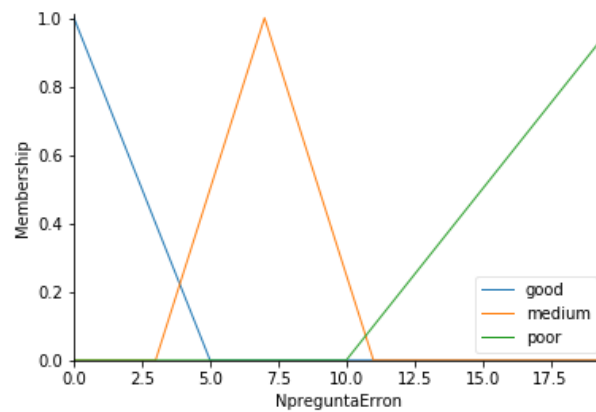


Figura 4.13. Conjunto difuso para las preguntas contestadas incorrectamente.

#### 4.1.2.3.1.3. Conjunto Difuso Tiempo ( $T_{partida}$ )

Las funciones de pertenencia para los videojuegos cuyo modelo es igual, están clasificadas por los siguientes rangos: 0 – 58 segundos (bueno), 58 – 64 segundos (medio) y 64 segundos en adelante (pobre) (Ver Figura 4.14). Para el videojuego *Martian* la configuración quedó establecida de la siguiente manera: 0 – 81.5 segundos (bueno), 81.5 – 85.1 segundos (medio) y 85.5 segundos en adelante (pobre) (Ver Figura 4.15).

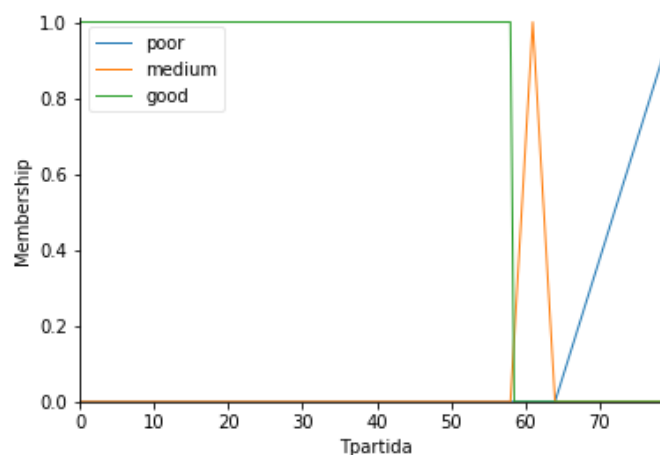


Figura 4.14. Conjunto difuso del tiempo empleado en la partida para los videojuegos *Speedway*, *SnowSprint*, *Puppy Chase*.

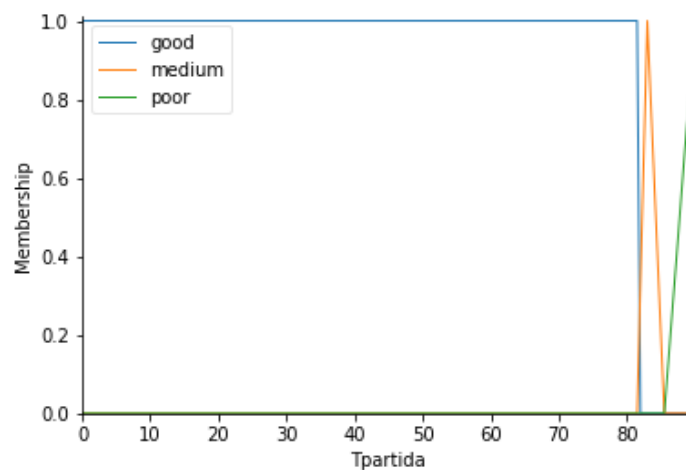


Figura 4.15. Conjunto difuso del tiempo empleado en la partida para el videojuego *Martian*.

#### 4.1.2.3.1.4. Conjunto Difuso Rendimiento (Salida)

Las funciones de pertenencia para la variable respuesta están definidas por los rangos 0 – 5 (beginner), 5 – 10 (medium) y 10 en adelante (pro) (Ver Figura 4.16). De acuerdo con el valor numérico obtenido, se puede clasificar a los usuarios por perfiles (Principiante, Intermedio y Avanzado).

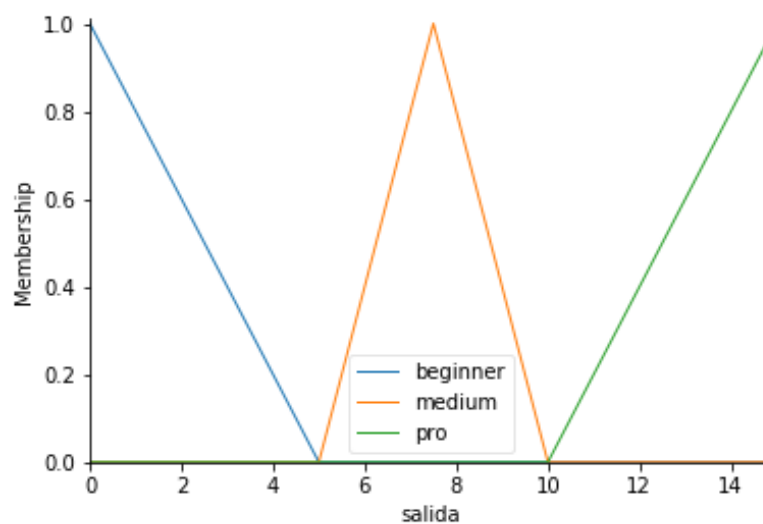


Figura 4.16. Funciones de membresía para la salida difusa. Rendimiento final del usuario.

#### 4.1.2.3.1.5. Reglas Difusas

Con los conjuntos difusos ya establecidos en entradas y salida, se proceden a crear las reglas difusas. Se han eliminado aquellas reglas en el cual no es posible crear relación alguna. Esto ocurre porque no se pueden relacionar las variables difusas en ciertos puntos, por ejemplo, obtener un tiempo óptimo cuando se han fallado muchas preguntas o se han respondido acertadamente pocas preguntas. Tampoco se puede relacionar la regla que involucra un tiempo pobre con un alto número de preguntas acertadas. Como resultado se obtuvo 15 reglas para el correcto funcionamiento del sistema (Ver Tabla 4.3 y Tabla 4.4):

Tabla 4.3. Reglas difusas entre Tpartida y NpreguntaAcert.

Entradas		NpreguntaErron		
		poor	medium	good
Tpartida	poor	begginer	begginer	-
	medium	begginer	begginer	medium
	good	-	medium	pro

Tabla 4.4. Reglas difusas entre Tpartida y NpreguntaErron.

Entradas		NpreguntaAcert		
		poor	medium	good
Tpartida	poor	begginer	begginer	begginer
	medium	begginer	medium	medium
	good	-	pro	pro

#### 4.1.2.3.1.6. Perfiles Difusos

Para obtener un rendimiento acertado del usuario, se realiza experimentalmente un número mínimo de partidas de juego. De esta manera, se obtiene un rendimiento promedio más exacto del usuario. De acuerdo con lo anterior, el sistema difuso requiere un mínimo de 10 partidas jugadas por cada par de videojuegos, es decir 5 partidas por juego. Este número fue escogido por pruebas realizadas a un grupo de

10 estudiantes de la institución educativa. Los pares de videojuegos están diseñados de la siguiente manera: 1. *Speedway* – *SnowSprint*. 2. *Puppy Chase* – *Martian Hoverboards*.

Después de cumplir con las partidas necesarias, el sistema calcula el rendimiento para cada juego y realiza un promedio de los últimos 5 registros. Este proceso lo hace por cada videojuego originando dos respuestas difusas. Estas últimas variables hacen que el usuario pueda clasificarse en los perfiles anteriormente mencionados.

Los perfiles de juego son producto de los resultados de la lógica difusa y están definidos en la Tabla 4.5 y Tabla 4.6.

- a. *Principiante*: Este perfil se obtiene cuando los rendimientos calculados por el sistema para ambos videojuegos son principiantes. Esto quiere decir que el usuario no cumple con las expectativas mínimas de rendimiento.
- b. *Intermedio*: Este perfil se divide en dos, *Intermedio 1* e *Intermedio 2*. *Intermedio 1* es aquel donde el usuario presenta un mejor rendimiento en el videojuego *Speedway* o *Puppy Chase* frente a su par correspondiente *SnowSprint* o *Martian*.  
*Intermedio 2* es aquel donde el usuario presenta un mejor desempeño en el videojuego *SnowSprint* o *Martian* frente a su par *Speedway* o *Puppy Chase*.
- c. *Avanzado*: Este perfil se obtiene cuando las salidas para ambos juegos son avanzadas.

Tabla 4.5. Obtención de los perfiles de acuerdo a los rendimientos para los videojuegos *SpeedWay* y *SnowSprint*.

SpeedWay	SnowSprint	Perfil
Principiante	Principiante	<b>Principiante</b>
Avanzado	Intermedio	<b>Intermedio 1</b>
Avanzado	Principiante	<b>Intermedio 1</b>
Intermedio	Principiante	<b>Intermedio 1</b>
Intermedio	Avanzado	<b>Intermedio 2</b>
Principiante	Avanzado	<b>Intermedio 2</b>
Principiante	Intermedio	<b>Intermedio 2</b>
Intermedio	Intermedio	<b>Intermedio 2</b>
Avanzado	Avanzado	<b>Avanzado</b>

Tabla 4.6. Obtención de los perfiles de acuerdo a los rendimientos para los videojuegos *Puppy Chase* y *Martian*.

Puppy Chase	Martian	Perfil
Principiante	Principiante	<b>Principiante</b>
Avanzado	Intermedio	<b>Intermedio 1</b>
Avanzado	Principiante	<b>Intermedio 1</b>
Intermedio	Principiante	<b>Intermedio 1</b>
Intermedio	Avanzado	<b>Intermedio 2</b>
Principiante	Avanzado	<b>Intermedio 2</b>
Principiante	Intermedio	<b>Intermedio 2</b>
Intermedio	Intermedio	<b>Intermedio 2</b>
Avanzado	Avanzado	<b>Avanzado</b>

Después de realizar la clasificación de perfiles, el sistema guarda la información de la partida con los valores defuzzificados (*salida\_fuzzy\_f*) para cada videojuego en la base de datos *registro\_partidas\_usuarios* (Ver Figura 4.7). El valor máximo de la salida defuzzificada de acuerdo a la configuración establecida en la lógica difusa de la librería utilizada de Python es 13.27. Para representar mejor este valor en los rangos de 0% - 100% al usuario se realiza la siguiente ecuación.

$$Rendimiento = \frac{valor\ difuso * 100\%}{13.27} \quad (1)$$

#### 4.1.2.3.2. CBR

La utilización de esta técnica permite que el sistema logre resolver los problemas con base a experiencias previas y a su vez aprender de los casos actuales.

Para realizar el proceso (Ver Figura 2.13) es necesario conocer los casos almacenados en la base de casos. Inicialmente se guardaron cuatro casos con valores de perfil intermedio para cada uno de los perfiles en la base de datos *prueba de casos* (Ver Figura 4.9 y Figura 4.10).

Para dar solución a un problema el CBR realiza las siguientes etapas:

##### a. Recuperar:

Cuando se presenta un nuevo caso es necesario conocer su *valor difuso* de rendimiento (V). El sistema debe recuperar los casos más cercanos (C) utilizando



los límites superiores (S) e inferiores (I) con un rango del 10%. Esto conlleva a buscar todos los rendimientos dentro de los límites encontrados.

Límite superior.

$$S = V + (V * 10\%) \quad (2)$$

Límite inferior.

$$I = V - (V * 10\%) \quad (3)$$

Donde los casos se encuentran con la siguiente expresión

$$C_i = I < V < S \quad (4)$$

Luego de calcular el número de casos que se encuentran entre los límites, se procede a identificar cuál es el caso más cercano (M). Para esto se evalúa la siguiente ecuación.

$$M = \min(V - C_i) \quad (5)$$

*b. Reutilizar:*

Cuando se halla M se recupera la información almacenada en la base de datos. El caso está compuesto con las siguientes variables (Ver Figura 4.9):

*Ncaso* corresponde al número único de cada caso.

*Perfil* corresponde a los perfiles de los usuarios. 1 - *Avanzado*, 2 - *Intermedio 1*, 3 - *Intermedio 2* y 4 - *Principiante*.

*Juego* concierne a la numeración de los videojuegos. 1 - *SpeedWay*, 2 - *SnowSprint*, 3 - *Puppy Chase* y 4 - *Martian*.

*Fuzzy\_suma* es el rendimiento determinado por la lógica difusa para el videojuego *Speedway*.

*Fuzzy\_multi* es el rendimiento determinado por la lógica difusa para el videojuego *SnowSprint*.

*N\_recomendación* es la sugerencia que ofrece al usuario.

*Fecha\_caso* corresponde a la fecha en el que se almacenó el caso.

*c. Revisar:*

Se comprueba que la sugerencia esté acorde a la necesidad del usuario. Adicionalmente, se mantienen otras recomendaciones de respaldo si la primera no satisface al usuario (Ver Figura 4.17). En caso que el usuario no acepte la recomendación, el CBR cambia todas las sugerencias anteriores por unas nuevas. Este proceso se repite hasta satisfacer la necesidad del problema planteado o se acaben el número de recomendaciones y se vuelvan a mostrar las sugerencias iniciales (Ver Figura 4.18).

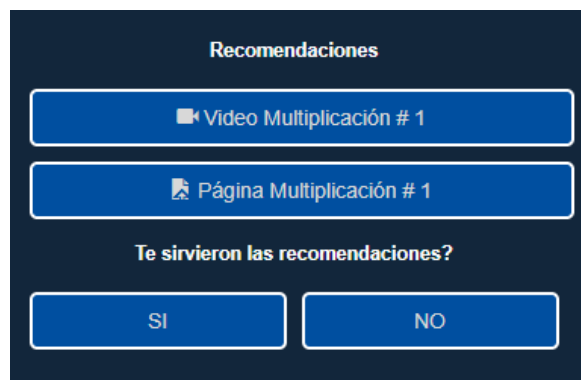


Figura 4.17. Recomendaciones presentadas al usuario.

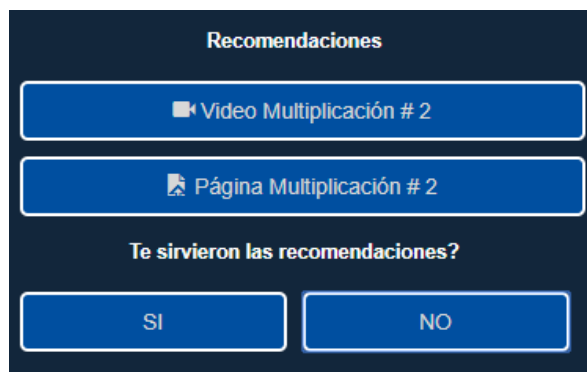


Figura 4.18. Nuevas recomendaciones al usuario.

*d. Retener:*

Si el usuario informa que el caso ha servido como solución a su problema, el sistema permanece igual y no se actualiza la base de casos, de lo contrario el CBR seguirá enviando sugerencias hasta que el usuario decida que ya ha resuelto sus deficiencias. Automáticamente el CBR almacena un nuevo caso tomando como información los rendimientos del usuario y la sugerencia recomendada. De esta manera el sistema se mantiene actualizado para futuros problemas.

*4.1.2.3.2.1. Recomendaciones del CBR*

Se llama la tabla creada en MySQL donde almacena los enlaces del material externo a recomendar (Ver Figura 4.8). Este material está conformado por páginas webs interactivas y videos didácticos de la plataforma YouTube donde explican los temas matemáticos que involucran a cada videojuego (Ver desde la Figura 4.19 a Figura 4.22). La tabla cuenta con 40 recomendaciones divididas entre las temáticas: ocho (8) sumas de fracciones, ocho (8) restas de fracciones, ocho (8) multiplicaciones de fracciones, ocho (8) combinaciones de suma, resta y multiplicación de fracciones, cuatro (4) operaciones básicas de números enteros y cuatro (4) conversión de números mixtos a decimales.

El CBR da recomendaciones diferentes dependiendo del perfil. Por ejemplo, si el usuario tiene como perfil *intermedio 1*, esto quiere decir que presenta un mejor rendimiento en *SpeedWay* sobre *SnowSprint*. Por lo tanto, las recomendaciones serán de multiplicación de fracciones. La Tabla 4.7 muestra cuáles son los temas que se deben sugerir dependiendo del perfil obtenido.

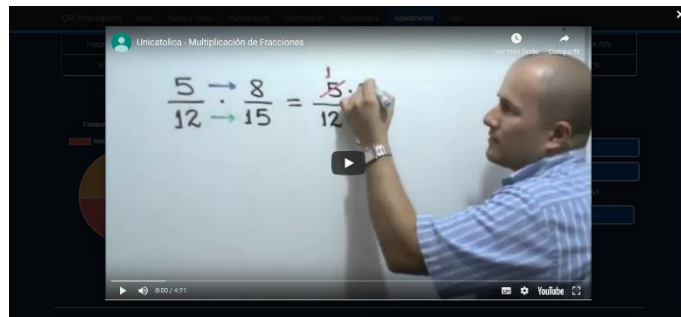


Figura 4.19. Ejemplo de video sugerido al usuario.

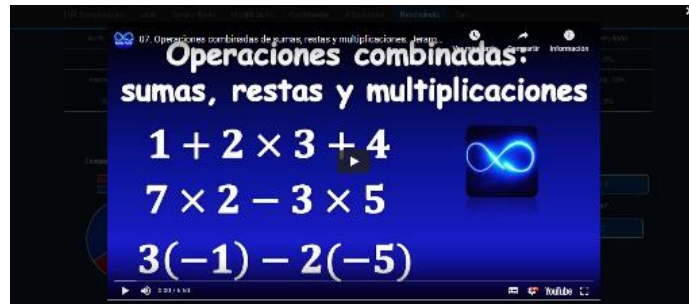


Figura 4.20. Ejemplo de video sugerido al usuario.

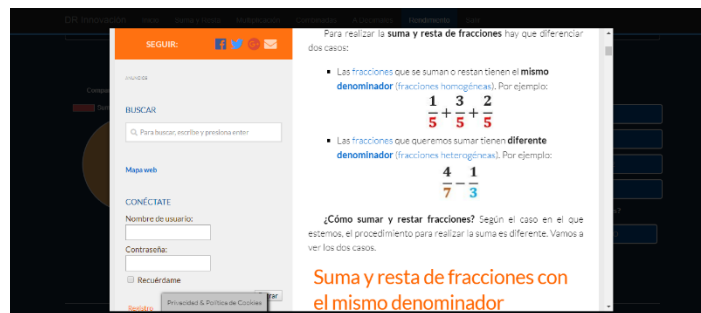


Figura 4.21. Ejemplo de página WEB sugerida al usuario.

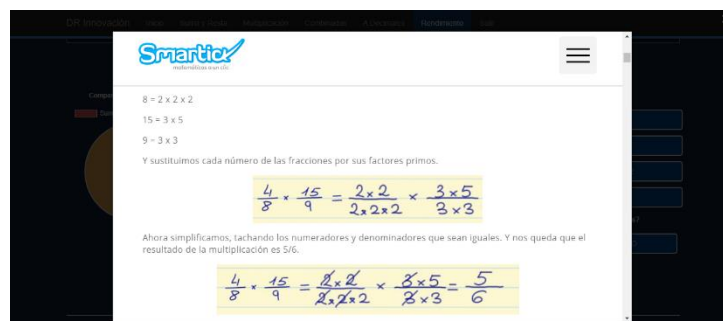


Figura 4.22. Ejemplo de página WEB sugerida al usuario.

Tabla 4.7. Recomendación según el perfil del usuario.

Videojuegos	Perfil	Recomendaciones
SpeedWay SnowSprint	Principiante	<b>Suma, resta y multiplicación de fracciones</b>
	Intermedio 1	<b>Multiplicación de fracciones</b>
	Intermedio 2	<b>Suma, resta de fracciones</b>
	Avanzado	-
Puppy Chase Martian	Principiante	<b>Operaciones básicas y conversión de fracciones</b>
	Intermedio 1	<b>Operaciones básicas</b>
	Intermedio 2	<b>Conversión de fracciones</b>
	Avanzado	-

#### 4.1.3. Interfaz

El desarrollo del back-end ha sido creado en Python. Para la creación del front-end se utilizó PHP. Para integrar estos dos lenguajes de programación fue necesario utilizar un servidor que sea compatible con ambos. iFastNet cuenta con la compatibilidad de estos dos lenguajes de programación en los servicios de dominio y hosting. Desde la Figura 4.23 a Figura 4.25 se presentan las distintas páginas WEB desarrolladas en la plataforma.

Se realizó una petición HTTP que solicite los datos calculados del usuario en Python cuando la persona se encuentre en la pestaña de rendimiento (Ver Figura 4.26). La información enviada a la interfaz corresponde a los progresos realizados en todos los juegos y datos estadísticos del usuario que se encuentre activo en sesión.

Posteriormente, la ventana de rendimiento muestra los datos estadísticos que corresponden a las medias del usuario en las últimas 5 partidas, la media general del usuario por juego, la media del juego para todos los usuarios, desviación estándar, valor mínimo y máximo de todos los rendimientos realizados, número de partidas jugadas y rangos intercuartiles (Ver Figura 4.27). Adicionalmente, se muestra un gráfico comparativo entre videojuegos, el historial de partidas y las recomendaciones del sistema (Ver Figura 4.28).



Figura 4.23. Página principal de la plataforma.

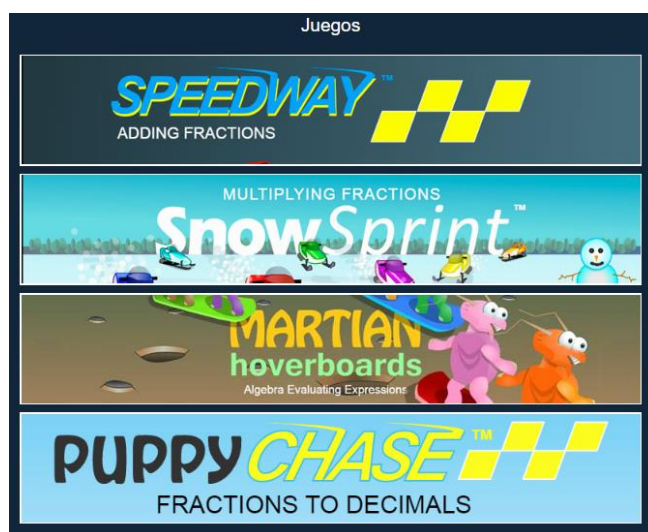


Figura 4.24. Lista de videojuegos.



Figura 4.25. Videojuego Speedway.

```
{ "Juego1": { "valido": true, "usuario": 12, "recomendaciones": [{"0": "http://www.estudiantes.info/maticas/multiplicacion_de_fracciones.htm", "1": "https://www.youtube.com/watch?v=FqVhGXmvTwg"}], "perfil": 2, "caso": 48, "promedio_total_suma_usuario": 9.295028666666667, "promedio_total_multi_usuario": 4.60444, "fuzzy_suma_totales_usuario": [4.86646, 4.66484, 4.82626, 4.67159, 4.81216, 4.83321, 4.61731, 13.2667, 13.2667, 13.2667, 13.2667, 13.2667, 13.2667, 2.10579], "fuzzy_multi_totales_usuario": [4.58333, 4.61052, 4.58948, 4.58561, 4.65326, 7.5, 13.2667], "prom_suma_partida": 13.2667, "prom_multi_partida": 4.60444, "n_recomendacion": 1, "numero_partidas_totales_suma": 17, "Desviacion_estandar": 4.27632552595047, "resultado_minimo_suma": 4.768262, "percentil_25_porcentaje_suma": 7.309193, "percentil_50_porcentaje_suma": 9.850124, "percentil_75_porcentaje_suma": 11.558412, "resultado_maximo_suma": 13.2667, "numero_partidas_totales_multi": 7, "Desviacion_estandar_multi": 0, "resultado_minimo_multi": 4.60444, "percentil_25_porcentaje_multi": 4.60444, "percentil_50_porcentaje_multi": 4.60444, "percentil_75_porcentaje_multi": 4.60444, "resultado_maximo_multi": 4.60444, "Juego2": { "valido": true, "usuario": 12, "recomendaciones": [{"0": "https://www.youtube.com/watch?v=DNsgtOld66c"}], "perfil": 2, "caso": 16, "promedio_total_puppy": 5.489579, "promedio_total_martian": 3.3076079999999997, "fuzzy_puppy_totales": [4.58405, 4.58384, 4.8118, 4.59382, 4.5993, 4.60102, 4.5888, 4.6831, 4.58336, 13.2667, 4.83358, 12.8565, 4.83523, 13.2667], "fuzzy_martian_totales": [2.37131, 2.15677, 4.88402, 4.99575, 2.13019, 2.06627, 4.93234, 7.5, 13.2667], "prom_puppy_partida": 6.344596, "prom_martian_partida": 3.3076079999999997, "n_recomendacion": 1, "numero_partidas_totales_puppy": 14, "Desviacion_estandar_puppy": 1.2091766374595567, "resultado_minimo_puppy": 4.634562, "percentil_25_porcentaje_puppy": 5.0620705, "percentil_50_porcentaje_puppy": 5.489579, "percentil_75_porcentaje_puppy": 5.9170875, "resultado_maximo_puppy": 6.344596, "numero_partidas_totales_martian": 9, "Desviacion_estandar_martian": 0, "resultado_minimo_martian": 3.3076079999999997, "percentil_25_porcentaje_martian": 3.3076079999999997, "percentil_50_porcentaje_martian": 3.3076079999999997, "resultado_maximo_martian": 3.3076079999999997, "promedio_suma_general": 5.463200300272976, "Desviacion_Estandar_suma_general": 3.811543773374964, "promedio_multi_general": 9.569439579901154, "Desviacion_Estandar_multi_general": 3.724032769404527, "promedio_puppy_general": 9.468849288486417, "Desviacion_Estandar_puppy_general": 4.358508899355836, "promedio_martian_general": 8.263444526462395, "Desviacion_Estandar_martian_general": 4.409856195805053}
```

Figura 4.26. Petición HTTP donde se muestra el progreso y datos estadísticos del usuario en los diferentes juegos.

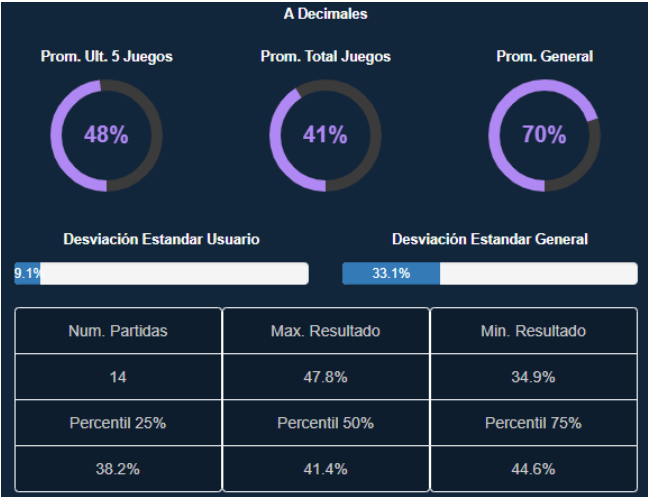


Figura 4.27. Datos estadísticos del usuario.



Figura 4.28. Datos de progreso del usuario y sugerencias del sistema.



# **Parte II**

## **Resultados de Experimentos y Conclusiones**

# Capítulo 5

## 5. Análisis de los Resultados Experimentales

*Este capítulo presenta la discusión y el análisis de los experimentos que se han llevado a cabo para la validación de la investigación. Los resultados presentados en este capítulo demuestran la utilidad, viabilidad y confiabilidad del enfoque general propuesto presentado en los capítulos anteriores.*

### 5.1. Diseño Experimental

Esta investigación presenta una plataforma que integra los sistemas inteligentes a la educación utilizando videojuegos. En los capítulos anteriores se describieron los elementos que se utilizan en la investigación y su funcionalidad.

Al desarrollar por completo el sistema, se requiere realizar experimentos que validen la investigación.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se definen las siguientes características para el diseño del experimento que resuelva la siguiente pregunta problema:

*¿Es posible desarrollar un sistema inteligente que utilice videojuegos en conjunto con las TICS para apoyar la enseñanza interactiva?*

Casos de Estudio:

*SpeedWay, SnowSprint, Puppy Chase y Martian* son juegos de carreras donde el usuario tiene que responder una serie de preguntas de operaciones básicas matemáticas. Estas preguntas varían aleatoriamente en cada partida donde el usuario no está expuesto a las mismas condiciones en cada juego. Si bien es cierto el usuario gana cuando logra el primer lugar en la competencia, cada partida en particular es mejor que otra cuando se reporta un mayor número de preguntas acertadas, menor número de incorrectas y menor tiempo en la partida. Teniendo en

cuenta la idea anterior, se integran aquí los sistemas inteligentes para alcanzar una mejora del rendimiento en el usuario.

Es así como los videojuegos presentados son evaluados por diferentes variables como tiempo, puesto al finalizar la carrera, tasa de preguntas por minuto, exactitud, entre otras. Sin embargo, se creó una variable para utilizar por el sistema inteligente llamada *rendimiento* donde integra los datos de tiempo, número de preguntas acertadas y números de preguntas incorrectas (Ver Tabla 5.1). De esta manera el sistema maneja una misma información de todos los videojuegos.

Tabla 5.1. Caracterización de la variable de salida.

Variable Salida	Variables Entradas	Tipo de variable	Rango Difuso	Rango Evaluativo	Videojuegos
Rendimiento	Tiempo	Flotante	0 - 13,27	0 - 100%	SpeedWay
	Preguntas Acertadas				SnowSprint
	Preguntas Incorrectas				Puppy Chase
					Martian

## 5.2. Método de Evaluación

El método de evaluación para medir el rendimiento del usuario inicialmente es mediante un test que se realiza al momento de registrarse en la plataforma. El resultado conseguido se almacenará en la base de datos previo a la utilización de los videojuegos. Posteriormente de utilizar cada uno de los videojuegos, se almacena la información que será analizada y evaluada por el sistema inteligente. Terminado el proceso, el sistema inteligente será el encargado de recomendar las acciones de mejora de acuerdo al perfil obtenido y las experiencias previas que hayan favorecido al usuario con rendimientos similares. El sistema será el encargado de mostrar estadísticamente todo el progreso que ha obtenido el usuario con el desarrollo de las partidas que han sido almacenadas en la base de datos.

## 5.3. Pruebas Realizadas

Las pruebas se realizaron a estudiantes pertenecientes a la asignatura Informática del Colegio del Sagrado Corazón - Calle 74 (Ver Figura 5.1). Institución ubicada en la ciudad de Barranquilla, Colombia. La cantidad de usuarios a la que fue sometida la plataforma fue de 206 que corresponden a estudiantes de 8° y 9°.

Los estudiantes tienen conocimiento previo de años anteriores en los temas utilizados en los videojuegos. Por tal motivo, se realiza un test inicial que contiene 5 preguntas de suma y resta de fracciones y 5 sobre multiplicación de fracciones para conocer el estado en el que se encuentran y así clasificarlo en un perfil inicial. La Figura 5.1 muestra a los estudiantes utilizando el sistema desarrollado.



Figura 5.1. Estudiantes del Sagrado Corazón Calle 74 utilizando la plataforma.

#### 5.3.1. Análisis de Resultados en los Usuarios

A continuación, se presenta un análisis de los rendimientos obtenidos por parte de los usuarios en los distintos juegos incorporados en la plataforma. La Tabla 5.2 muestra la media y la desviación estándar de los resultados obtenidos de 140 usuarios. Se observa que el rendimiento inicial de los estudiantes para el videojuego *SpeedWay* fue del 32.7% en las primeras 5 partidas. Después de utilizar la plataforma y tomar las recomendaciones generadas por el sistema inteligente por un tiempo de 45 días, se toma como medida las últimas 5 partidas registradas y se

observa que la media grupal es del 41.03%, teniendo un aumento del rendimiento del 8.3% equivalente a la suma y resta de números fraccionarios.

En la Tabla 5.3 se observa que el progreso de los estudiantes para el videojuego *SnowSprint* fue del 8.01%. La Tabla 5.4 muestra el mejor rendimiento alcanzado con un aumento del 14.83% para el videojuego *Puppy Chase* y por último la Tabla 5.5 muestra un aumento del rendimiento para el videojuego *Martian* con un 6.07%. De esta manera se valida la investigación como lo presenta el estado del arte [2][25][29][38][42].

Tabla 5.2. Resultados generales videojuego SpeedWay para las primeras y últimas 5 partidas.

Juego 1-SpeedWay			
	Primeras (%)	Últimas (%)	Mejora (%)
media	32,7099	41,0317	8,3218
Desviación	11,2988	12,8670	
Muestra	700		
N° Estudiantes	140		

Tabla 5.3. Resultados generales videojuego SnowSprint para las primeras y últimas 5 partidas.

Juego 2- SnowSprint			
	Primeras (%)	Últimas (%)	Mejora (%)
media	68,6761	76,6947	8,0186
Desviación	22,7241	21,6845	
Muestra	700		
N° Estudiantes	140		

Tabla 5.4. Resultados generales videojuego Puppy Chase para las primeras y últimas 5 partidas.

Juego 3 - Puppy Chase			
	Primeras (%)	Últimas (%)	Mejora (%)
media	60,7677	75,1491	14,3813
Desviación	22,8613	17,7621	
Muestra	435		
N° Estudiantes	87		

Tabla 5.5. Resultados generales videojuego Martian para las primeras y últimas 5 partidas.

Juego 4 - Martian			
	Primeras (%)	Últimas (%)	Mejora (%)
<b>media</b>	58,9423	65,0133	6,0710
<b>Desviación</b>	23,8825	23,2413	
<b>Muestra</b>	480		
<b>N° Estudiantes</b>	96		

Como se puede observar, en las Tabla 5.2 y Tabla 5.3 se realizaron las pruebas con 140 estudiantes, en la Tabla 5.4 con 87 estudiantes y en la Tabla 5.5 con 96 estudiantes. Los usuarios que constituyen la población por videojuego fueron aquellos que completaron 20 partidas en cada uno.

De acuerdo a los resultados obtenidos se muestra que el enfoque propuesto favorece el rendimiento de los usuarios.

### 5.3.2. Análisis de Resultados del Sistema Inteligente

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema, se crea una cuenta con el objetivo de verificar el paso a paso del enfoque planteado en capítulos anteriores.

Se simularon las partidas de juego para cada uno de los perfiles y así validar el funcionamiento del CBR y demostrar que el sistema no decide arbitrariamente, sino que cumple con el modelo descrito.

A continuación, se muestran los datos recolectados para los distintos perfiles de juego con las respectivas sugerencias del sistema.

#### *Verificación para el perfil Avanzado*

El usuario de prueba tiene por nombre *Validación* y el número de identificación en la base de datos es el 500. En la Figura 5.2 se puede observar que el usuario no cuenta con partidas almacenadas.

Para obtener un perfil avanzado es necesario simular las partidas para *SpeedWay* y *SnowSprint* con resultados excelentes de manera que el rendimiento sea óptimo (Ver Figura 5.3).



Figura 5.2. Usuario de pruebas sin partidas registradas.

id_usuario	id	nombre_juego	exactitud	correctas	incorrectas	lugar	rata	tiempo
500	5642	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5643	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5644	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5645	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5646	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5647	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5648	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5649	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5650	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5651	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135

Figura 5.3. Partidas almacenadas en la base de datos del usuario de prueba. Alto rendimiento en los videojuegos SpeedWay y SnowSprint.

Posteriormente, se realiza la petición HTTP donde muestra toda la información almacenada por el usuario y la información sugerida por el CBR. El sistema encuentra el caso más cercano donde recupera el perfil y la sugerencia del caso encontrado de la base de casos (Ver Figura 4.9). La zona marcada en la Figura 5.4 indica que el rendimiento obtenido es similar al caso 33 y corresponde a un perfil avanzado de acuerdo a la Tabla 4.1.

```

{"Juego1": {"valido": true, "usuario": 500, "recomendaciones": [{"0": "https://i.pinimg.com/236x/01/f3/64/01f36404f48a8baadfa207afb1ca8c16--sentences-present-perfect.jpg"}]}, "perfil": 1, "caso": 33,
"promedio_total_suma_usuario": 13.2667, "promedio_total_multi_usuario": 13.2667, "fuzzy_suma_totales_usuario": [13.2667, 13.2667, 13.2667, 13.2667, 13.2667], "fuzzy_multi_totales_usuario": [13.2667,
13.2667, 13.2667, 13.2667], "prom_suma_partida": 13.2667, "prom_multi_partida": 13.2667, "n_recomendacion": 1, "numero_partidas_totales_suma": 5, "Desviacion_estandar": 0,
"resultado_minimo_suma": 13.2667, "percentil_25_porcentaje_suma": 13.2667, "percentil_50_porcentaje_suma": 13.2667, "percentil_75_porcentaje_suma": 13.2667, "resultado_maximo_suma": 13.2667,
"numero_partidas_totales_multi": 5, "Desviacion_estandar_multi": 0, "resultado_minimo_multi": 13.2667, "percentil_25_porcentaje_multi": 13.2667, "percentil_50_porcentaje_multi": 13.2667,
"percentil_75_porcentaje_multi": 13.2667, "resultado_maximo_multi": 13.2667}, "Juego2": {"valido": false, "error": "jugador sin partidas registradas de A Decimales (Puppy Chase). Se necesita por lo menos 5
partidas", "usuario": 500}, "promedio_suma_general": 5.339353713733075, "Desviacion_Estandar_suma_general": 3.7195480145737867, "promedio_multi_general": 9.64675309850374,
"Desviacion_Estandar_multi_general": 3.683841183894729, "promedio_puppy_general": 9.26685360561056, "Desviacion_Estandar_puppy_general": 4.3952149325870575, "promedio_martian_general":
8.231445277246653, "Desviacion_Estandar_martian_general": 4.467564947054168}

```

Figura 5.4. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500.

El valor promedio del rendimiento para SpeedWay (prom\_suma\_partida) es 100% y para SnowSprint (prom\_multi\_partida) es 100% (Ver Figura 5.4). De acuerdo a estos valores se comprueba que el caso encontrado en la base de casos cumpla con los requerimientos de la Ecuación (4) (Ver Figura 5.5). Se compara la igualdad del perfil determinado por el sistema con el perfil de la base de casos (Ver Figura 5.6).

Adicionalmente, se recupera la sugerencia y se carga en la ventana rendimiento del usuario. Como el usuario tiene perfil avanzado, no cuenta con material extra de estudio (Ver Figura 5.7).

Ncaso	perfil	edad	fuzzy_suma	fuzzy_multi	n_recomendacion
30	1	15	10.019	13.125	1
31	3	15	7.481	11.292	1
32	2	15	8.969	8.427	1
33	1	15	12.113	11.951	1

Figura 5.5. Comprobación del caso encontrado en la base de casos.



Figura 5.6. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas.





Figura 5.7. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba.

### Verificación para el perfil Intermedio 1

id_usuario	id	nombre_juego	exactitud	correctas	incorrectas	lugar	rata	tiempo
500	5642	SnowSprint	90	6	5	7	14	62355
500	5643	SnowSprint	90	7	3	5	14	61253
500	5644	SnowSprint	90	5	4	4	14	60345
500	5645	SnowSprint	90	8	2	5	14	61357
500	5646	SnowSprint	90	10	5	10	14	63145
500	5647	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5648	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5649	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5650	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135
500	5651	SpeedWay	90	16	0	1	14	57135

Figura 5.8. Modificación de las partidas del usuario de prueba. Bajo rendimiento en las partidas de SnowSprint y alto rendimiento en las partidas de SpeedWay.

```

{"Juego1": {"valido": true, "usuario": 500, "recomendaciones": [{"id": "https://www.matesfacil.com/ESO/fracciones/producto/producto-division-fracciones-ejemplos-ejercicios-resueltos.html", "1": "https://www.youtube.com/watch?v=_2F4Buitbw"}]}, "perfil": 2, "caso": 73, "promedio_total_suma_usuario": 13.2667, "promedio_total_multi_usuario": 4.31526, "fuzzy_suma_totales_usuario": [13.2667, 13.2667, 13.2667, 13.2667, 13.2667], "fuzzy_multi_totales_usuario": [4.83174, 5.92778, 3.74625, 5.12609, 1.94444], "prom_suma_partida": 13.2667, "prom_multi_partida": 4.31526, "n_recomendacion": 4, "numero_partidas_totales_suma": 5, "Desviacion_estandar": 0, "resultado_minimo_suma": 13.2667, "percentil_25_porcentaje_suma": 13.2667, "percentil_50_porcentaje_suma": 13.2667, "percentil_75_porcentaje_suma": 13.2667, "resultado_maximo_suma": 13.2667, "numero_partidas_totales_multi": 5, "Desviacion_estandar_multi": 0, "resultado_minimo_multi": 4.31526, "percentil_25_porcentaje_multi": 4.31526, "percentil_50_porcentaje_multi": 4.31526, "percentil_75_porcentaje_multi": 4.31526, "resultado_maximo_multi": 4.31526}, "Juego2": {"valido": false, "error": "jugador sin partidas registradas de A Decimales (Puppy Chase). Se necesita por lo menos 5 partidas", "usuario": 500, "promedio_suma_general": 5.339353713733075, "Desviacion_Estandar_suma_general": 3.7195480145737867, "promedio_multi_general": 9.64675309850374, "Desviacion_Estandar_multi_general": 3.683841183894729, "promedio_puppy_general": 9.26685360561056, "Desviacion_Estandar_puppy_general": 4.3952149325870575, "promedio_martian_general": 8.231445277246653, "Desviacion_Estandar_martian_general": 4.467564947054168}}

```

Figura 5.9. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500. Información del caso recuperado: Caso 73, perfil 2. prom\_suma\_partida equivale a 100% y prom\_multi\_partida es 32.51%.

Ncaso	1	perfil	edad	fuzzy_suma	fuzzy_multi	n_recomendacion
61	3	15	6.411	7.500	1	
62	3	15	6.055	12.436	1	
63	3	13	4.277	10.601	2	
64	3	15	3.161	5.961	1	
65	3	15	2.119	5.086	1	
66	3	15	8.861	9.807	1	
67	2	15	7.233	7.027	1	
68	3	15	7.744	8.263	1	
69	3	15	2.692	6.675	1	
70	3	15	6.619	9.318	1	
71	3	15	4.300	5.068	1	
72	3	15	5.328	10.960	1	
73	2	12	13.267	4.604	2	

Figura 5.10. Comprobación del caso encontrado en la base de casos.



Figura 5.11. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas.



Figura 5.12. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba. Sugerencias de acuerdo a la Tabla 4.7.

## Verificación para el perfil Intermedio 2

Figura 5.13. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500. Información del caso recuperado: Caso 59, perfil 3. prom\_suma\_partida equivale a 35.43% y prom\_multi\_partida es 100%.

id_usuario	id	nombre_juego	exactitud	correctas	incorrectas	lugar	rata	tiempo
500	5642	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5643	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5644	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5645	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5646	SnowSprint	90	16	0	1	14	57135
500	5647	SpeedWay	90	7	3	1	14	59035
500	5648	SpeedWay	90	7	4	1	14	61035
500	5649	SpeedWay	90	6	1	1	14	63035
500	5650	SpeedWay	90	4	1	1	14	60035
500	5651	SpeedWay	90	9	4	1	14	62035

Figura 5.14. Modificación de las partidas del usuario de prueba. Alto rendimiento en las partidas de SnowSprint y bajo rendimiento en las partidas de SpeedWay.

Ncaso	perfil	edad	fuzzy_suma	fuzzy_multi	n_recomendacion
56	2	15	10.560	9.492	1
57	4	19	3.779	3.729	2
58	3	15	7.562	13.267	1
59	3	15	4.704	12.811	4

Figura 5.15. Comprobación del caso encontrado en la base de casos.

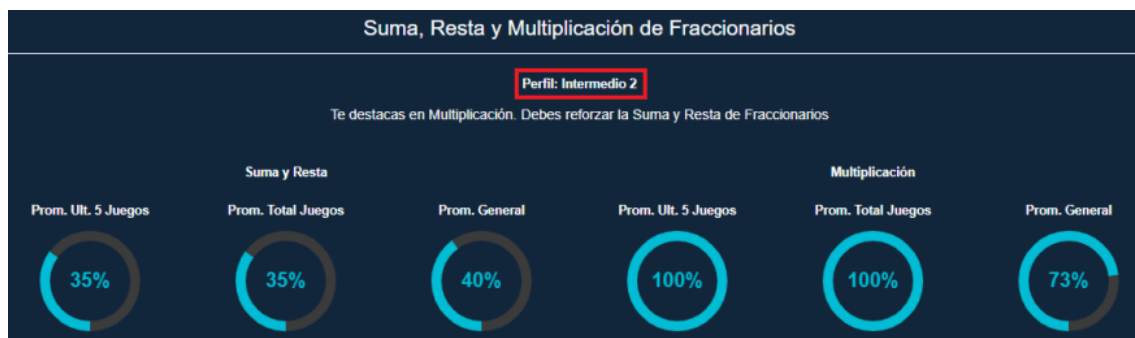


Figura 5.16. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas.



Figura 5.17. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba. Sugerencias de acuerdo a la Tabla 4.7.

### Verificación para el perfil Principiante

id_usuario	id	nombre_juego	exactitud	correctas	incorrectas	lugar	rata	tiempo
500	5642	SnowSprint	90	6	5	7	14	62355
500	5643	SnowSprint	90	7	3	5	14	61253
500	5644	SnowSprint	90	5	4	4	14	60345
500	5645	SnowSprint	90	8	2	5	14	61357
500	5646	SnowSprint	90	4	5	10	14	63145
500	5647	SpeedWay	90	5	3	9	14	63564
500	5648	SpeedWay	90	6	4	9	14	62354
500	5649	SpeedWay	90	4	4	10	14	62698
500	5650	SpeedWay	90	2	3	11	14	62042
500	5651	SpeedWay	90	2	5	10	14	63365

Figura 5.18. Modificación de las partidas del usuario de prueba. Bajo rendimiento en ambos videojuegos.

Figura 5.19. Respuesta a la petición HTTP del usuario 500. Información del caso recuperado: Caso 57, perfil 4. prom\_suma\_partida equivale a 20.06% y prom\_multi\_partida es 28.49%.

Ncaso	perfil	edad	fuzzy_suma	fuzzy_multi	n_recomendacion
55	3	15	5.936	9.957	1
56	2	15	10.560	9.492	1
57	4	14	3.779	3.729	2
58	3	15	7.562	13.267	1

Figura 5.20. Comprobación del caso encontrado en la base de casos.



Figura 5.21. Información obtenida del usuario de prueba para las partidas realizadas.



Figura 5.22. Ventana de historial de partida y recomendaciones para el usuario de prueba. Sugerencias de acuerdo a la Tabla 4.7.

Desde la Figura 5.8 hasta la Figura 5.22 se presenta la comprobación para los perfiles *Intermedio 1*, *Intermedio 2* y *Principiante*. De esta manera se valida el funcionamiento del CBR, desde la captura de información hasta las sugerencias hechas al usuario.

# Capítulo 6

## 6. Conclusiones y Trabajos Futuros

*Este capítulo resume las principales conclusiones surgidas del análisis y discusión de los resultados reportados en este trabajo. El capítulo también revisa las contribuciones científicas de la disertación y luego discute direcciones prometedoras para futuras investigaciones y aplicaciones en ciertos temas en los que el trabajo de esta tesis puede continuar.*

### 6.1. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en cada uno de los videojuegos, se puede concluir que la implementación del sistema inteligente con las dos técnicas computacionales permitió al usuario obtener un aumento de hasta el 14% de su rendimiento en los temas tratados.

La implementación de la arquitectura permitió utilizar el mismo sistema difuso y CBR con los cuatro videojuegos sin modificación alguna. De esta manera, se logra obtener una métrica igual para los distintos juegos y realizar las pruebas correspondientes para sus respectivos análisis. Finalmente, los resultados de las pruebas permiten concluir que la combinación de sistemas inteligentes, videojuegos y TICs mejoran el proceso de aprendizaje de los usuarios del sistema.

Asimismo, se logró demostrar el funcionamiento interno del sistema comprobando cada una de sus acciones para dar soporte a los usuarios, dependiendo de sus experiencias almacenadas y las de otros usuarios del sistema, al mismo tiempo que la base de casos se actualiza.

De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que los objetivos de esta tesis se desarrollaron con éxito y se pudo implementar un sistema inteligente que permite la enseñanza interactiva en educación básica utilizando videojuegos.

## **6.2. Principales Contribuciones**

Esta tesis presenta un sistema inteligente con dos técnicas computacionales que trabajan en conjunto con videojuegos que propende mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. En este caso, el modelo inteligente fue el foco de la investigación. El enfoque presentado muestra un mayor rendimiento a medida que los usuarios utilizan progresivamente el sistema.

Esta tesis hace las siguientes contribuciones en el desarrollo de sistemas inteligentes en entornos educativos:

- *Presenta un sistema inteligente que evalúa y recomienda a los usuarios de acuerdo con su perfil de rendimiento a través de su integración mediante TICs con los videojuegos.*

Esta investigación utiliza las TICs por medio de una plataforma web que integra videojuegos interactivos y técnicas computacionales para el fortalecimiento de los conocimientos sobre operaciones básicas matemáticas en las personas que lo utilicen.

- *Se realiza un aporte académico a la región para futuras investigaciones referente a los sistemas inteligentes enfocados a la educación.*

Esta investigación proporciona nuevas ideas para el desarrollo de herramientas que fortalecen el conocimiento en las personas.

## **6.3. Trabajos Futuros**

Esta investigación se centró en el desarrollo del sistema inteligente de acuerdo al modelo planteado. Como trabajo futuro, se busca integrar nuevas técnicas computacionales que utilicen información complementaria del usuario para que el sistema pueda dar sugerencias más específicas. Otro aspecto para trabajo futuro es incrementar la gama de videojuegos para el sistema desarrollado. Esto ayudará a probar las capacidades y características del sistema.

Por último, implementar el enfoque propuesto en distintas instituciones educativas de la región para fortalecer los conocimientos en los estudiantes.



# Referencias

- [1] M. Kandlhofer, G. Steinbauer, S. Hirschmugl-Gaisch and P. Huber, "Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university," 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Erie, PA, USA, 2016, pp. 1-9.
- [2] M. Kohli and S. Kohli, "Increasing target behavior of children with developmental disorders by designing innovative multistage tablet games," 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), Agra, 2016, pp. 1-6.
- [3] D. Stoilescu, "An Analysis of Content and Policies in ICT Education in Australia," 2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Timisoara, 2017, pp. 333-334.
- [4] J. A. S. Bringas, M. A. C. León, I. E. Cota and A. L. Carrillo, "Development of a videogame to improve communication in children with autism," 2016 XI Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO), San Carlos, 2016, pp. 1-6.
- [5] W. Fuertes, F. Pilaluisa, M. Zambrano, C. Villacís, H. Aules and T. Toulkeridis, "Intelligent agents, voice and facial recognition applied in videogames in order to stimulate cognitive development of children — A case study of Tictactoe in 3D," *2017 Computing Conference*, London, 2017, pp. 1152-1159.
- [6] V. Janarthanan, "Serious Video Games: Games for Education and Health," 2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations, Las Vegas, NV, 2012, pp. 875-878.
- [7] R. SenthilKumar, "Work in Progress: Use of Interactive Simulations in the Active Learning Model in Physics Education for Engineering Students at a College in Oman," *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Dubai, United Arab Emirates, 2019, pp. 1359-1362.

- [8] Wu S, Jo EA, Ji H, Kim KH, Park JJ, Kim BH, Cho KI, Exergaming Improves Executive Functions in Patients With Metabolic Syndrome: Randomized Controlled Trial, *JMIR Serious Games* 2019.
- [9] R.B. Kozma (2011). ICT, Education Transformation, and Economic Development: An Analysis of the US National Educational Technology Plan. *E-Learning and Digital Media*, vol. 8, no. 2, pp. 106-120.
- [10] D. Stoilescu, "An Analysis of Content and Policies in ICT Education in Australia," *2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Timisoara, 2017, pp. 333-334.
- [11] M. Vesisenaho, "ICT education and computer science education for development — Impact and contextualization," *2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Washington, DC, 2010, pp. F4J-1-F4J-6.
- [12] A. Cheng, A. Sinha, J. Shen, S. Mouakkad, L. Joseph and K. Mehta, "Opportunities for Social Innovation at the Intersection of ICT Education and Rural Supply Chains," *2012 IEEE Global Humanitarian Technology Conference*, Seattle, WA, 2012, pp. 328-335.
- [13] Janssen A, Shaw T, Goodyear P, "Using Video Games to Enhance Motivation States in Online Education: Protocol for a Team-Based Digital Game", *JMIR Res Protoc* 2015
- [14] Collins, K. (2007). An introduction to the participatory and non-linear aspects of video games audio. *Essays on sound and vision*, 263-298.
- [15] C. Gonzalez, J. R. Castro, P. Melin and O. Castillo, "An edge detection method based on generalized type-2 fuzzy logic," *2013 IEEE Symposium on Advances in Type-2 Fuzzy Logic Systems (T2FUZZ)*, Singapore, 2013, pp. 39-44.
- [16] Morales Luna, G. (2002). Introducción a la lógica difusa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados. México.

- [17] "Select a Web Site," Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference Systems - MATLAB & Simulink - MathWorks América Latina. [Online]. Available: <https://la.mathworks.com/help/fuzzy/types-of-fuzzy-inference-systems.html>.
- [18] A. Aljuboori, "Enhancing case-based reasoning retrieval using classification based on associations," *2016 6th International Conference on Information Communication and Management (ICICM)*, Hatfield, 2016, pp. 52-56.
- [19] R. Alekhin, P. Varshavsky, A. Ereemeev and A. Kozhevnikov, "Application of the Case-Based Reasoning Approach for Identification of Acoustic-Emission Control Signals of Complex Technical Objects," *2018 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC)*, Vladivostok, 2018, pp. 1-4.
- [20] P. Li, A. Liu and P. Zhou, "Context reasoning for smart homes using case-based reasoning," *The 18th IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2014)*, JeJu Island, 2014, pp. 1-2.
- [21] Berns, A., Gonzalez-Pardo, A., & Camacho, D. (2013). Game-like language learning in 3-D virtual environments. *Computers & Education*, 60(1), 210-220.
- [22] Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Shah, P. (2011). Short-and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(25), 10081-10086.
- [23] V. Colombo, D. Baldassini, S. Mottura, M. Sacco, M. Crepaldi and A. Antonietti, "Antonyms: A serious game for enhancing inhibition mechanisms in children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD)," *2017 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, Montreal, QC, 2017, pp. 1-2.
- [24] "Arcade Academics = Fun Learning," Arcademic Skill Builders - Math Games, Language Arts Games, and much more. [Online]. Available: <https://www.arcademics.com/>.
- [25] M. J. Mateos, P. J. Muñoz-Merino, C. D. Kloos, D. Hernández-Leo and D. Redondo-Martínez, "Design and evaluation of a computer based game for education," *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Erie, PA, USA, 2016, pp. 1-8.

- [26] Baker, R. S., D'Mello, S. K., Rodrigo, M. M. T., & Graesser, A. C. (2010). Better to be frustrated than bored: The incidence, persistence, and impact of learners' cognitive-affective states during interactions with three different computer-based learning environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(4), 223-241.
- [27] Toala, R., Durães, D., & Novais, P. (2019, June). Human-Computer Interaction in Intelligent Tutoring Systems. In *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence* (pp. 52-59). Springer, Cham.
- [28] Abramovich, S., Schunn, C., & Higashi, R. M. (2013). Are badges useful in education?: It depends upon the type of badge and expertise of learner. *Educational Technology Research and Development*, 61(2), 217-232.
- [29] Rodrigo, M. M. T., d Baker, R. S., D'Mello, S., Gonzalez, M. C. T., Lagud, M. C., Lim, S. A., ... & Tep, S. (2008, June). Comparing learners' affect while using an intelligent tutoring system and a simulation problem solving game. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 40-49). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [30] Eagle, M., & Barnes, T. (2010, June). Intelligent tutoring systems, educational data mining, and the design and evaluation of video games. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 215-217). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [31] Robles, D. (2019). DR Innovación. [Online]. Available: [www.drinnovacion.site](http://www.drinnovacion.site).
- [32] B. Zhang and J. Jia, "Evaluating an Intelligent Tutoring System for Personalized Math Teaching," 2017 International Symposium on Educational Technology (ISET), Hong Kong, 2017, pp. 126-130.
- [33] E. B.V., «Scopus,» [Online]. Available: <https://www.scopus.com>.
- [34] Martínez, M. P., Gabriel, C. P. C., Gabriel Filho, L. R. A., Junior, S. S. B., Bednaski, A. V., Quevedo-Silva, F., ... & Padgett, R. C. M. L. (2019). Fuzzy inference system to study the behavior of the green consumer facing the perception of greenwashing. *Journal of Cleaner Production*.

- [35] W. O. Science, «Web Of Science,» [Online]. Available: [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com).
- [36] F. Alzahrani, "Evaluation of videogames for mathematics education with young children," *2013 International Conference on Computer Applications Technology (ICCAT)*, Sousse, 2013, pp. 1-4.
- [37] M. Bourgeois, C. Cubillos, R. Mellado, S. Roncagliolo and F. Sentis, "Ashy.alRescate(): A videogame for developing basic object oriented programming skills," *2018 37th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*, Santiago, Chile, 2018, pp. 1-7.
- [38] H. Tobar-Muñoz, R. Fabregat and S. Baldiris, "Using a videogame with augmented reality for an inclusive logical skills learning session," *2014 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, Logrono, 2014, pp. 189-194.
- [39] A. Serrano-Laguna, J. Torrente, B. Manero and B. Fernandez-Manjon, "A game engine to learn computer science languages," *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings*, Madrid, 2014, pp. 1-8.
- [40] C. Peach, D. Rohrick, D. Kilb, J. Orcutt, E. Simms and J. Driscoll, "D.E.E.P. learning: Promoting informal STEM learning through ocean research videogames," *2013 OCEANS - San Diego*, San Diego, CA, 2013, pp. 1-4.
- [41] B. P. Butz, S. M. Miller, M. Duarte, B. Wlodarczyk and R. A. Cooper, "Work in Progress: An Intelligent Tutoring System for Forensic Biology," *Proceedings. Frontiers in Education. 36th Annual Conference*, San Diego, CA, 2006, pp. 19-20.
- [42] J. Zheng, Q. Zhang, S. Xu, H. Peng and Q. Wu, "Cognition-Based Context-Aware Cloud Computing for Intelligent Robotic Systems in Mobile Education," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 49103-49111, 2018.
- [43] J. Todorov, S. Stoyanov, V. Valkanov, B. Daskalov and I. Popchev, "Learning Intelligent System for Student Assistance - LISSA," *2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems (IS)*, Sofia, 2016, pp. 753-757.

- [44] V. R. D. C. Martinho, C. Nunes and C. R. Minussi, "An Intelligent System for Prediction of School Dropout Risk Group in Higher Education Classroom Based on Artificial Neural Networks," *2013 IEEE 25th International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, Herndon, VA, 2013, pp. 159-166.
- [45] R. Britto, W. G. de Oliveira Filho, C. G. Barros and E. C. Lopes, "Intelligent tutor system model applied to basic electronics," *2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Lisbon, 2017, pp. 1-5.
- [46] N. Fang and Y. Guo, "A web-based interactive intelligent tutoring system for undergraduate engineering dynamics," *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Oklahoma City, OK, 2013, pp. 159-160.
- [47] Yakovleva, N. O., & Yakovlev, E. V. (2014). Interactive teaching methods in contemporary higher education. *Pacific Science Review*, 16(2), 75-80.
- [48] I. LTD, «IFastNet,» [Online]. Available: <https://ifastnet.com/index.php>.